



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA**

**A MICROBIOLOGIA NO ÂMBITO DAS CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS: SEGUNDO O LIVRO DIDÁTICO E OS DOCUMENTOS  
NORTEADORES DO COMPONENTE CURRICULAR BIOLOGIA DO  
ENSINO MÉDIO NO ESTADO DO PARANÁ**

**MARISTELA APARECIDA SARTORI**

Toledo – Paraná - Brasil  
2023



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA**

**A MICROBIOLOGIA NO ÂMBITO DAS CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS: SEGUNDO O LIVRO DIDÁTICO E OS DOCUMENTOS  
NORTEADORES DO COMPONENTE CURRICULAR BIOLOGIA DO  
ENSINO MÉDIO NO ESTADO DO PARANÁ**

**MARISTELA APARECIDA SARTORI**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste/Campus Toledo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof. Dra. Cleide Viviane Buzanello  
Coorientadora: Dra. Adelize Lemes

Toledo - Paraná - Brasil  
2023

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

SARTORI, MARISTELA

A MICROBIOLOGIA NO ÂMBITO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS:  
SEGUNDO O LIVRO DIDÁTICO E OS DOCUMENTOS NORTEADORES DO  
COMPONENTE CURRICULAR BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO NO ESTADO DO  
PARANÁ / MARISTELA SARTORI; orientadora CLEIDE VIVIANE  
BUZANELLO ; coorientadora ADELIZE LEMES. -- Toledo, 2023.  
54 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Toledo) --  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de  
Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Ambientais, 2023.

1. Microbiologia. 2. documentos educacionais norteadores.  
3. meio ambiente. 4. livro didático. I. BUZANELLO , CLEIDE  
VIVIANE , orient. II. LEMES, ADELIZE, coorient. III. Título.

Maristela Aparecida Sartori

**“A MICROBIOLOGIA NO ÂMBITO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS: SEGUNDO O LIVRO DIDÁTICO E OS DOCUMENTOS NORTEADORES DO COMPONENTE CURRICULAR BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO NO ESTADO DO PARANÁ”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cleide Viviane Buzanello  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adelize Trentin Lemes

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Marques Palagi

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Danielle Letícia da Silva

Aprovada em: 12 de julho de 2023.

Local de defesa: Via remota.

Minha filha, estude...

Crie asas e voe alto!

(Meu Pai - *in memoriam*)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, que sempre abre e ilumina meus caminhos e minhas tomadas de decisões. Também a todos meus familiares, especialmente aos meus filhos pelo apoio e incentivo. A minha colega de trabalho Rosenilde, que convidou-me para entrar no programa mostrando que sou capaz a todos que incentivaram-me e apoiaram-me. É um agradecimento muito especial às minhas orientadoras Dra. Cleide Viviane, que recebeu-me como orientanda, dando sugestões e mostrando caminhos que poderia seguir. Também à minha coorientadora Dra. Adelize Lemes, que auxiliou na construção do trabalho, iluminando nos momentos mais incertos e obscuros. Com muito carinho agradeço a todos que trilharam junto comigo de forma direta ou indireta.

## RESUMO

**SARTORI, Maristela Aparecida. A MICROBIOLOGIA NO ÂMBITO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS: SEGUNDO O LIVRO DIDÁTICO E OS DOCUMENTOS NORTEADORES DO COMPONENTE CURRICULAR BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO NO ESTADO DO PARANÁ- 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus Toledo. 2023. Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Cleide Viviane Buzanello Martins.**

Ao falar em educação, formação de adolescentes e jovens, pensamos primeiramente em que tipo de pessoas queremos formar. Segundo a BNCC, essa construção deve ser baseada no desenvolvimento humano integral, que alcance os aspectos: intelectual, físico, emocional, social e cultural, no sentido que os estudantes sejam capazes de construir uma sociedade mais solidária, inclusiva, ética, responsável, justa e sustentável. Sendo assim, o estudante conseguiria estabelecer uma relação entre os conteúdos formais vistos na escola e a aplicabilidade desses saberes em suas experiências diárias. A microbiologia, que aborda os seres vivos microscópicos ou os microrganismos, fazem parte do nosso meio e do cotidiano, seja na saúde, no meio ambiente, na aplicação de biotecnologias, entre outros. Estes microrganismos podem ser nocivos ou inofensivos e até necessários em muitos casos. São os vírus, as bactérias, os protozoários, as algas e os fungos. Considerando a relevância científica deste conteúdo, sendo que os microrganismos foram os primeiros habitantes do planeta e são utilizados em larga escala em vários setores, como nas indústrias alimentícia, farmacêutica, na biorremediação como agentes despoluidores. Por isso observa-se a necessidade de seu estudo e apreensão pelo estudante do ensino médio, em compreender a importância de apropriação desse conhecimento de forma transformadora, construindo um novo significado em sua vida. Esses conteúdos ao serem abordados, devem estar em consonância com os livros didáticos utilizados em sala de aula e os documentos que norteiam o sistema educacional em âmbito federal, estadual e municipal. Portanto, a pesquisa sobre os conteúdos de Microbiologia no âmbito das Ciências Ambientais segundo o livro didático utilizado e os documentos norteadores do componente curricular Biologia, propõe realizar essa análise no Estado Paraná, a partir de 2021 com a implementação do Novo Ensino Médio, nas escolas estaduais públicas da rede de ensino.

**Palavras chaves:** Microbiologia, meio ambiente, documentos educacionais norteadores, livro didático.

## ABSTRACT

**SARTORI, Maristela Aparecida. MICROBIOLOGY IN THE FRAMEWORK OF ENVIRONMENTAL SCIENCES: ACCORDING TO THE TEXTBOOK AND THE GUIDING DOCUMENTS OF THE CURRICULAR COMPONENT BIOLOGY OF HIGH SCHOOL EDUCATION IN THE STATE OF PARANÁ – 2023. Dissertation (master's in environmental sciences) – State University of Western Paraná – UNIOESTE, Campus Toledo. 2023. Advisor: Prof.<sup>a</sup> Dra. Cleide Viviane Buzanello Martins.**

When talking about education and training for teenagers and young people, we thought about what kind of people we want to train. According to the BNCC, this construction must be based on integral human development, which encompasses all aspects: intellectual, physical, emotional, social and cultural, in the sense that students are able to build a more supportive, inclusive, ethical, responsible society, fair and sustainable. Thus, the student manages to establish a relationship between the formal contents seen at school and the applicability of this knowledge in their experimental experiences. The microbiology, which address microscopic living beings or microorganisms, are part of our environment, and of our daily life, whether in health, the environment, the application of biotechnologies, among others. These microorganisms can be negative or harmless and even necessary in many cases. These are viruses, bacteria, protozoa, algae and fungi. To focus on the great importance of this content, since microorganisms were the first inhabitants of the planet and are used on a large scale in various sectors, such as in the food and pharmaceutical industries, in bioremediation as depolluting agents, there is a need for their study and understanding by the high school student, in understanding this importance, appropriating this knowledge in a transforming way, building a new meaning in their life. These contents to be seen must be in line with the textbooks used in the classroom and the documents that guide the educational system at the federal, state and municipal levels.

**Keywords:** Microbiology, environment, guiding educational documents, textbook.



## LISTA DE TABELAS

Quadro 1 Comparativo de carga horária	26
Quadro 2 Quadro comparativo: currículo / livro didático	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Documentos Norteadores da Educação no Brasil e no Estado do Paraná.	25
Figura 2 Divisão de carga horária do NEM	26
Figura 3 Etapas do processo biotecnológico	27
Figura 4 Inter relação dos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza.	30
Figura 5 Capas dos volumes de CNCT para o Ensino Médio.	41

## LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CNLD	Comissão Nacional do Livro Didático
CNT	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
EM	Ensino Médio
IF	Itinerários Formativos
IST	Infecções Sexualmente Transmissíveis
LD	Livro Didático
LDB	Leis de Diretrizes e Bases
NEM	Novo Ensino Médio
OGM	Organismo Geneticamente Modificado
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
SARS	Síndrome Respiratória Aguda Severa

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS SOBRE MICROBIOLOGIA NO CAMPO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS E COMO CONTEÚDO ESCOLAR	17
1.1 MICROBIOLOGIA	17
1.2 MICROBIOLOGIA NO CAMPO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS	19
1.3 MICROBIOLOGIA COMO CONTEÚDO ESCOLAR	23
2 CURRÍCULO DO NEM E OS CONTEÚDOS DA MICROBIOLOGIA	25
2.1 O CURRÍCULO DO NEM	26
2.2 A ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS	30
2.3 O COMPONENTE CURRICULAR DE BIOLOGIA E OS CONTEÚDOS DE MICROBIOLOGIA AMBIENTAL	33
2.4 O LIVRO DIDÁTICO E OS CONTEÚDOS DE MICROBIOLOGIA	43
3 METODOLOGIA DE PESQUISA, RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
3.1 METODOLOGIA	45
3.2 O ENFOQUE DA MICROBIOLOGIA AMBIENTAL NO CURRÍCULO DO NEM NO COMPONENTE CURRICULAR BIOLOGIA	46
3.3 A CORRELAÇÃO DOS CONTEÚDOS PREVISTOS E O LIVRO DIDÁTICO	48
CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS	55

## INTRODUÇÃO

Os microrganismos estão presentes na Terra há bilhões de anos, antes mesmo dos animais e dos vegetais. E assim como qualquer outro ser vivo, fazem parte do ambiente, constituindo a maior parte da biomassa do planeta, fazendo toda a manutenção e sustentação da vida.

Em 1674, Antony Van Leeuwenhoek ao criar o microscópio pode identificar a existência dos microrganismos. Outros pesquisadores como Ernest Heinrich Haeckel, por volta de 1859, chamou de protistas todos os outros organismos diferentes de animais e vegetais (NOGUEIRA, FILHO, 2015).

O cientista Edward Jenner, no fim do século XVIII, contribuiu na medicina de forma revolucionária com a descoberta da vacina a partir de um surto de varíola. Louis Pasteur com seus experimentos refutou a teoria da Abiogênese em 1860, comprovando o surgimento de seres vivos a partir de organismos pré-existentes. Robert Koch em 1882 realizou a descoberta das bactérias causadoras de tuberculose. Por fim, em 1928, Alexander Fleming descobriu o primeiro antibiótico: a penicilina, a partir dos microrganismos chamados fungos (MADIGAN, 2016).

Diante destes legados fica evidente que a microbiologia, assim como os demais seres vivos estão em constante relação na natureza, contudo o processo educativo formal é de extrema relevância para que as pessoas se desenvolvam sustentavelmente no ambiente no qual vivem (VILAS BOAS, MOREIRA, 2012; MADIGAN, 2016).

Muitos microrganismos estão presentes: I) nos ciclos naturais como nos rios e oceanos, constituindo a base da cadeia alimentar; II) nos ciclos biogeoquímicos nas cadeias terrestres, produzindo enzimas utilizadas como biorremediadores; III) na fabricação de medicamento, alimentos e de cosméticos; IV) em aplicações de terapias gênicas; V) na produção de combustíveis; VI) na compreensão da importância da separação dos resíduos orgânicos dos recicláveis (KIMURA *et al.*, 2013; TORTORA, 2017; NOGUEIRA E FILHO, 2015; PARANÁ, 2021).

Como conteúdo escolar, a microbiologia gira em torno de dois temas que se complementam: o primeiro tema diz respeito ao funcionamento do mundo microbiano, como as propriedades, as características morfofisiológicas, genéticas, ecológicas e taxonômicas. E o segundo tema se relaciona a aplicação dos microrganismos na medicina, na agricultura, no ambiente e na indústria.

Portanto, essa pesquisa tem o intuito de desvelar o mundo da microbiologia no ambiente escolar, desconstruindo a ideia de que os microrganismos são sempre e apenas patogênicos (MADIGAN *et al.*,2010; CAMPOS,2016).

Nessa direção, este trabalho busca responder a seguinte problemática: Quais conteúdos de Microbiologia são contemplados nos documentos orientadores e nos livros didáticos do componente curricular de Biologia, para o Novo Ensino Médio da Rede Estadual de Educação do Paraná, a partir de 2021?

Essa proposta tem como objetivo geral analisar como a Microbiologia Ambiental está contemplada nos documentos norteadores da prática docente para o Componente Curricular Biologia da Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, do Novo Ensino Médio em escolas públicas do Estado do Paraná.

Tem como objetivos específicos:

a) Conceituar a Microbiologia no Campo das Ciências Ambientais e sua importância para a vida humana, bem como sua relevância no processo de formação escolarizada;

b) Analisar o conteúdo de Biologia previsto para o Ensino Médio no Referencial Curricular do Estado do Paraná do Currículo para o Ensino Médio e elencar os conteúdos da Microbiologia Ambiental (como estes conteúdos estão abordados);

c) Analisar a presença da Microbiologia Ambiental no livro didático da Rede Pública Estadual do Paraná, do NEM e se estes atendem o previsto no currículo.

Metodologicamente trata-se de uma pesquisa de caráter qualitativo e bibliográfica, valendo-se de fontes secundárias para realização das discussões a que se propõe nos objetivos específicos.

A mudança curricular do Novo Ensino Médio realizada pela Lei nº 13.415/2017, aconteceu em todas as redes de ensino do país, reorganizando o currículo, alegando mudanças positivas para a educação escolarizada nacional e no Estado do Paraná, considerando os sujeitos que fazem parte dessas mudanças e os desafios encontrados nesse processo de construção (PARANÁ, 2021).

A reorganização do Ensino Médio por áreas do conhecimento, prevê a ampliação da carga horária para 3000 horas, sendo 1000 horas/ano e uma matriz curricular que direcione o estudante para componentes curriculares (antes chamados disciplinas) da sua área de interesse:

O currículo do ensino médio será composto pela Base Nacional Comum

Curricular e por itinerários formativos, que deverão ser organizados por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino, a saber: I – linguagens e suas tecnologias; II – matemática e suas tecnologias; III – ciências da natureza e suas tecnologias; IV – ciências humanas e sociais aplicadas; V – formação técnica e profissional (LDB, Art. 36; ênfases adicionadas) (BRASIL, 2018, p.468).

Há de se considerar que uma escolha dessa natureza, no contexto da Educação Básica - momento em que os estudantes se apropriam de conhecimentos científicos basilares a sua existência – pode ser complexa.

A área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) sendo formada pelos componentes curriculares: Física, Química e Biologia; prevê como objetivo a construção de um conhecimento contextualizado e científico, preparando o estudante com um saber efetivo, para que ele desenvolva autonomia intelectual, pensamento crítico e apresente alternativas de mudanças (BRASIL, 2018; PARANÁ, 2021).

Na Base Nacional Comum (BNCC) e no Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná (PARANÁ, 2021) a área focaliza na interpretação dos fenômenos naturais, dos processos tecnológicos, explorando a cultura científica para ser aplicada em situações-problema onde o nível de complexidade é maior e as propostas de intervenção sejam baseadas em conhecimento científico e ético, possibilitando que o estudante crie capacidade de uma linguagem argumentativa (BRASIL, 2018; PARANÁ, 2021).

O currículo para o Novo Ensino Médio contempla vários conteúdos referentes à Microbiologia Ambiental, alguns previsto em currículos utilizados em anos anteriores e alguns conteúdos que abordam as Ciências atuais como a descoberta de novas vacinas, microrganismos utilizados como biorremediadores utilizados para tratamento de ambientes contaminados, as novas doenças epidêmicas emergentes e reemergentes que afetam a saúde global (BRASIL, 2018; PARANÁ, 2021).

As mudanças de currículo devem acompanhar a evolução, inserindo novos objetivos e conteúdo de maneira que o estudante acompanhe e seja inserido na construção da sua opinião crítica, baseando-se nas pesquisas científicas.

Contudo é relevante destacar que as aulas laboratoriais de Microbiologia no Ensino Médio, contribuem significativamente para apropriação pelo estudante do conhecimento científico, desenvolvendo o raciocínio crítico, estreitando vínculos entre o seu contexto de vida e a experimentação científica. Para tanto, só uma mudança

curricular não dá conta dessa condição, é preciso uma mudança estrutural nas escolas estaduais para efetivação dessa premissa (NETO *et al.*, 2018; PARANÁ, 2006).

Considerando a organização por áreas do conhecimento na área da CNT, os livros didáticos também seguem organizados por áreas do conhecimento. Para execução do currículo, o livro didático tem sido utilizado como material de apoio na sala de aula e está dividido em 6 volumes que contemplam os 3 componentes curriculares que compõem a área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Química, Física e Biologia. Ele foi escolhido por meio do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), para ser utilizado pelas escolas públicas do Estado do Paraná, no Novo Ensino Médio (NEM) e distribuído a toda rede de ensino estadual.

O currículo do NEM, aborda os conteúdos de Microbiologia Ambiental de forma que dialoga com a vivência do estudante, porém, deve-se tomar cuidado com o material de apoio a ser utilizado para que esteja à altura e alcance os objetivos do currículo.

O Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná destaca que o direcionamento da ciência, deve apontar para uma aprendizagem mais significativa e contribua com a solução de problemas, diminuindo a distância entre a pesquisa científica e o cotidiano, formando um cidadão com entendimento dos fenômenos e com capacidade de resolver os problemas e informar a sociedade com confiabilidade (PARANÁ, 2021).

Nesse sentido esse texto segue organizado em três capítulos, sendo que no primeiro faremos uma explanação sobre as considerações teóricas da microbiologia no campo das Ciências Ambientais e como conteúdo escolar buscando em pesquisas existentes a compreensão desses conceitos.

No segundo capítulo inventariamos como estão contemplados nos documentos norteadores do ensino de Biologia no NEM, os conteúdos de Microbiologia.

No terceiro capítulo realizamos a descrição do processo e a análise dos inventariados nos dois capítulos anteriores para então tentar responder o problema de pesquisa aventado.

Por fim tecemos nas considerações finais os aspectos que se destacam nas análises realizadas e apontamos as lacunas do processo e possíveis possibilidades de continuidade dos estudos.



# **1 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS SOBRE MICROBIOLOGIA NO CAMPO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS E COMO CONTEÚDO ESCOLAR**

Neste capítulo realizamos um panorama histórico da microbiologia desde suas descobertas com os primeiros experimentos da biogênese, até as recentes descobertas da importância dos microrganismos na biotecnologia e na ciência. Para então destacar sua relevância enquanto conteúdo escolar a ser trabalhado no âmbito da educação formal.

Desta forma o capítulo segue organizado em três partes, a saber: Microbiologia; Microbiologia no Campo das Ciências Ambientais; Microbiologia como conteúdo escolar.

## **1.1 MICROBIOLOGIA**

Para conhecermos a Microbiologia precisamos conhecer sua história, a construção de conceitos errados que deram certo e conceitos certos que inicialmente não foram reconhecidos (CISTIA, 2015).

O estudo da microbiologia é muito amplo abrangendo todos os seres vivos microscópicos, não vistos a olho nu, como vírus, bactérias, algas, protozoários e os fungos (leveduras) (TORTORA *et al.*, 2017).

O estudo da Microbiologia se refere a grande diversidade e a evolução das células microbianas compreendendo como surgiram estes microrganismos e como vivem em nosso meio. Além disso, a microbiologia estuda também a ecologia, isto é, o local e a forma como os microrganismos vivem, nos mais diversos ambientes, como se relacionam com outros organismos, como se associam e a função que exercem no ambiente (MADIGAN *et al.*, 2016).

Os primeiros pesquisadores a investigar a Microbiologia e divulgar seus estudos foram Robert Hooke, com a descoberta de lentes de visualização de partículas não vistas a olho nu, a que denominou célula, marcando assim, o início da teoria celular. Em seguida, Antony Van Leeuwenhoek, conseguiu observar os microrganismos através destas lentes, descobertas por Hooke, aos quais chamou-os de animálculos, que foram observados na água de rios, fezes, saliva, resíduos de dentes, colocados em culturas feitas com pimenta submersas na água. A partir das cartas escritas por Hooke, relatando seus resultados de observação, originou-se a Microbiologia (CISTIA, 2015).

Desde a antiguidade os pesquisadores suspeitavam que existiam organismos muito menores do que os olhos possam ver, construindo a ideia de que as doenças se propagavam através de sementes, mas quem comprovou a existência real dos microrganismos, foi Antony Van Leeuwenhoek, considerado o pai da Microbiologia (CISTIA, 2015).

De acordo com teorias criadas na época, os microrganismos que não eram classificados como vegetais ou animais, foram classificados pelo zoólogo alemão E.H.Haeckel de protistas, constituído somente por organismos unicelulares, sendo envolvidos neste grupo, as bactérias, algas, fungos e protozoários, não incluindo os vírus, por não ter organização celular (CISTIA, 2015).

Com a chegada da microscopia eletrônica, os microrganismos foram divididos em procariotos, as cianofíceas (algas azuis) e as bactérias que se subdivide em arqueas e eubactérias e em eucariotos, grupo formado pelos protozoários, fungos e algas (CAMPOS, 2016).

Edward Jenner juntamente com outro pesquisador Alexander Fleming contribuíram com a revolucionária descoberta da vacina, a partir de um surto de varíola bovina, onde as pessoas que se infectaram, produziram imunidade, não sofrendo com uma possível reinfecção (daí a origem da palavra latina - *vaccina*), instalando o marco da revolução na medicina e na área biológica (CISTIA, 2015).

Os experimentos de Louis Pasteur no século 19, contribuíram para que definitivamente fosse abolida a teoria da abiogênese, através da realização de culturas de microrganismos em caldos e utilização de técnicas que impediam o aparecimento deles. Com isso, houve um grande impulso na indústria alimentícia, com as técnicas de pasteurização, nome dado em sua homenagem (CISTIA, 2015).

Robert Koch, mais um dos pesquisadores da Microbiologia, descobriu as bactérias causadoras da tuberculose, entre outras, ao dedicar-se às pesquisas de agentes bacterianos e epidemias causadas pela transmissão dos microrganismos. Joseph Lister, primeiro cirurgião que se utilizou de substâncias assépticas para realização de cirurgias, nos centros hospitalares, evitando assim, a contaminação por microrganismos causadores das infecções, que levavam muitos pacientes à morte nos hospitais. Alexander Fleming, outro importante pesquisador de microrganismos, revolucionou a medicina com sua descoberta do antibiótico penicilina, produzido a partir de fungos do gênero *Penicillium* (CISTIA, 2015).

Na área voltada para a utilização dos microrganismos no ambiente, temos os

vários modelos técnico-econômicos, como a bioeconomia, onde os componentes básicos para produzir materiais, energia e os mais diversos produtos químicos, são advindos de vários recursos renováveis como a importância do solo e de muitos processos microbiológicos que possibilitam a vida na Terra (SALAMONE, 2022).

Nas raízes de plantas localiza-se a troca de substâncias químicas entre o microrganismo x planta x solo, provocando a descarbonização da atmosfera e a recarbonização do solo, resultando no alcance da sustentabilidade que está ligada à segurança alimentar. O solo, portanto, pela sua riqueza armazena nutrientes e uma enorme diversidade genética de microrganismos que fazem a ciclagem da matéria para manutenção da vida (SALAMONE, 2022).

Nesta contextualização, observa-se que a ecologia microbiana do solo e a agricultura sustentável estão diretamente relacionados. O crescimento das plantas e a produção de alimentos dependem diretamente da presença de microrganismos e da boa saúde e qualidade do solo (SALAMONE, 2022).

Portanto, fica claro nessa sessão a dimensão do campo de estudo da Microbiologia e sua relevância para a existência e manutenção da vida humana e de qualquer espécie.

## **1.2 MICROBIOLOGIA NO CAMPO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Os microrganismos fazem parte da vida dos seres vivos em geral, tanto de forma benéfica quanto prejudicial. Estão presentes na Terra há bilhões de anos, sendo os primeiros habitantes a surgir na Terra, antes de qualquer outro ser vivo, como plantas e animais (MADIGAN,2016).

Mesmo sendo invisíveis a olho nu, eles realizam inúmeras reações químicas em benefício e sustentação da vida dos organismos superiores no planeta, constituem juntos a maior parte da biomassa do planeta Terra. Portanto, podemos dizer que nenhuma outra ser vivo no planeta suporta a manutenção e sustentação da vida quanto os microrganismos (MADIGAN,2016).

As pessoas têm diferentes percepções em relação ao ambiente e a sua má conservação coloca em risco todos os seres vivos, pois, o ambiente é o resultado da interação de vários componentes. Portanto, quando qualquer um desses componentes for alterado, estará alterando toda a cadeia (VILAS BOAS, MOREIRA, 2012).

Dentro do conjunto das Ciências Ambientais, o campo da Microbiologia atua no desenvolvimento da percepção humana para valorização das questões de sustentabilidade dentro de um processo educativo, contribuindo efetivamente para uma mudança de atitudes e condutas (VILAS BOAS, MOREIRA, 2012).

O estudo da Microbiologia trata também da evolução e da diversidade de células microbianas, explicando como os microrganismos surgiram, alcançando ainda a Ecologia, situando os microrganismos vivos no planeta Terra, como se organizam entre si, como atuam em relação aos demais seres vivos e ao meio ambiente onde vivem (fatores abióticos) (MADIGAN *et al.*, 2016).

A Microbiologia, como um ramo da ciência, está sendo aplicada em estudos em várias áreas de pesquisa como na medicina humana, veterinária, agricultura, indústria, aplicações para fertilidade do solo e até combustível utilizado para produção de energia (MADIGAN *et al.*, 2016).

Alguns microrganismos provocam fermentação de material orgânico, produzindo gases que podem ser utilizados como combustível natural. Na indústria petrolífera, são utilizados exopolissacarídeos de bactérias, para aumentar a extração do petróleo e na área ambiental as bactérias servem para degradar poluentes como inseticidas e herbicidas. Na indústria alimentícia as leveduras são utilizadas na fabricação de bebidas fermentadas e na fabricação de alimentos, além de serem utilizadas como biorremediadores (CAMPOS, 2016)

Segundo Kimura (2013), por serem causadores de muitas doenças, como viroses, micoses, bacterioses, entre outras, os microrganismos são conceituados de forma negativa pelas pessoas, sendo considerados somente como organismos maléficos aos seres humanos, porém, o próprio corpo humano abriga uma microbiota que fornece muitos benefícios ao organismo.

Para Jacobucci (2009), é importante que os sujeitos saibam que os microrganismos provocam doenças, porém, é relevante saber também que a maioria desses microrganismos presentes no ambiente, não representam risco de doenças. E ao contrário, contribuem para a reciclagem e a decomposição da matéria orgânica, processo de fabricação dos alimentos, recuperação de áreas na função de biorremediadores dentre outras aplicações que auxiliam no dia a dia da sociedade.

Muitos microrganismos participam de forma ativa dos ciclos naturais, auxiliando no equilíbrio da vida no ambiente. Os microrganismos aquáticos constituem a base da cadeia alimentar dos rios e oceanos e os terrestres participam dos ciclos

biogeoquímicos, outros são fundamentais na fotossíntese, produzindo oxigênio, outros vivem no intestino humano e de outros animais, realizando a digestão e a síntese de algumas vitaminas necessárias ao organismo. Na produção de enzimas utilizadas como biorremediadores do ambiente, no saneamento básico, na fabricação de medicamentos e alimentos como pães, vinagre, queijos e bebidas alcoólicas, na fabricação de cosméticos e nas pesquisas e aplicações de terapias gênicas. Portanto, a microbiologia tem grande importância e aplicabilidade nas pesquisas científicas e na educação, desmistificando a ideia de que os microrganismos são geralmente causadores de doenças (KIMURA *et al.*, 2013, TORTORA, 2017).

A área da Microbiologia contribui na resolução de problemas do dia a dia como a interpretação na leitura de rótulos de alimentos e de medicamentos, e na escolha do melhor combustível que objetive a sustentabilidade. Sua presença no ambiente, contribui também na ação de reciclagem dos resíduos sólidos e orgânicos e seus destinos finais (PARANÁ, 2021).

A Biotecnologia é uma ciência que utiliza o potencial dos microrganismos para fazer produtos a nível industrial, é uma aplicação da microbiologia para fabricar alimentos, medicamentos, produtos agropecuários e de meio ambiente. Desde os tempos mais remotos, que esses produtos são fabricados e que os microrganismos fazem as mais diversas formas de fermentação (NOGUEIRA *et al.*, 2015).

Muitas áreas são estudadas em biotecnologia, como a Microbiologia, a imunologia, a genética, as tecnologias na fabricação de produtos, a transgenia onde um organismo pode receber genes de microrganismos e vive versa, com o objetivo de melhorar a sua qualidade (NOGUEIRA *et al.*, 2015).

As células microbianas crescem sobre substratos que podem ser de origem vegetal ou animal, como produtos da agricultura, das florestas, de alimentos e do meio ambiente. Um exemplo de processo biotecnológico na indústria alimentícia é a fermentação láctica, um processo muito utilizado por fungos, bactérias e células musculares esqueléticas, com ausência de oxigênio (NOGUEIRA *et al.*, 2015).

No processo da fermentação láctica, o resultado é uma molécula orgânica. Ocorre no citoplasma celular, iniciando-se com a glicólise, quando a molécula de glicose, que possui seis átomos de carbono, é quebrada e transforma-se em duas moléculas de piruvatos, com três carbonos cada uma. Esse processo ocorre em duas etapas: a primeira etapa é a fosforilação da glicose, que ao receber fosfato de duas moléculas de adenosina trifosfática (ATP), torna-se ativa com gasto de energia. A

segunda etapa é a oxidação da glicose onde o dinucleotídeo nicotinamida e adenina (NAD<sup>+</sup>) é reduzido em NADH. O piruvato permanece no citosol, recebe os elétrons do NADH e é convertido em lactato. Posteriormente o NAD<sup>+</sup> é reciclado e utilizado novamente na glicólise<sup>1</sup>.

Na indústria de bebidas alcoólicas, as leveduras são também responsáveis pela fermentação, transformando o açúcar em álcool e dióxido de carbono, como acontece na fabricação da cerveja, do pão caseiro contendo fermento biológico, onde estão presentes as células de leveduras, e a produção do etanol, um combustível produzido também a partir da fermentação pelo fungo *Saccharomyces cerevisiae* (NOGUEIRA *et al.*, 2015).

Na área da Biotecnologia, voltada para a agricultura, pesquisas e estudos estão sendo realizados com uso dos microrganismos, alcançando bons resultados de produção com sustentabilidade ambiental. As bactérias captam o Nitrogênio atmosférico e transformam em uma forma assimilável pelas plantas, dispensando a adubação à base de Nitrogênio.

Esses microrganismos benéficos são agentes biológicos que promovem o crescimento e induzem resistência a algumas pragas e doenças de algumas culturas que produzem alimentos para o país, como os principais grãos que compõem a mesa: o feijão e o arroz<sup>2</sup>.

Também na agricultura a biotecnologia é utilizada aplicando genes de determinada bactéria em plantas, os quais produzem uma toxina para o controle biológico de insetos. Outros tipos de bactérias presentes no solo se associam às raízes de plantas utilizadas para fazer a fixação biológica do nitrogênio, reduzindo a utilização de fertilizantes que contaminam a água e o solo. Esta associação simbiótica forma as micorrizas, que também trazem benefícios ao solo e às plantas (NOGUEIRA *et al.*, 2015).

---

<sup>1</sup> Ver sobre em: <https://www.biologianet.com/biologia-celular/fermentacao.htm> acesso em 16/08/2023.

<sup>2</sup> Ver sobre em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/51405622/agricultura-nas-maos-de-microrganismos-beneficos>. Acesso em: 04 abril 2023.

Dentro da área biotecnológica a aplicação com grande potencial de crescimento econômico são os microrganismos utilizados no controle de poluição, os chamados biorremediadores, que quando colocados em ambientes poluídos, fazem a degradação dos agentes poluentes (NOGUEIRA *et al.*, 2015, REVISTA COMCIÊNCIA, 2018).

Esta técnica da biorremediação é muitas vezes mais barata e sustentável, pois o processo já ocorre naturalmente no ambiente. No caso de uma contaminação ambiental, os microrganismos que apresentam resistência à condição alterada pelo poluente, apresentam mecanismos que conseguem transformar ou absorver as substâncias contaminantes (NOGUEIRA *et al.*, 2015, REVISTA COMCIÊNCIA, 2018).

Por isso a interessante busca pela microbiota dos locais contaminados, pois estes já apresentam a adaptação ao poluente de interesse. Esta microbiota, que são geralmente fungos ou bactérias, são extraídos do ambiente, selecionados e reproduzidos em laboratório para testes e posteriormente produzidos em escala industrial, para serem utilizados em uma eventual contaminação ambiental (NOGUEIRA *et al.*, 2015, REVISTA COMCIÊNCIA, 2018).

Outro fator que se apresenta relacionado diretamente aos microrganismos são as mudanças climáticas, que estão ocasionando grandes impactos nos seres vivos do planeta. Os microrganismos que dão suporte a todas as formas de vida, também são afetados por essas mudanças, sendo que o impacto depende totalmente da reação dos microrganismos que determinam a sustentabilidade do ambiente (CAVICCHIOLI *et al.*, 2022).

A relação entre a biodiversidade e a saúde humana está intimamente ligada, pois é através dos ecossistemas que obtemos água potável e comida. As funções ecológicas são sustentadas e equilibradas pela biodiversidade e pelos ecossistemas, pois purificam o ar e a água, controlam as pragas e as doenças, estimula a polinização, a fertilidade e a manutenção do solo, a resiliência das alterações climáticas, além do fornecimento de alimentos, nutrientes e medicamentos (OMS, 2018).

No caminho inverso, a destruição da biodiversidade pode ocasionar o aparecimento de patógenos, doenças, pragas, pandemias, quando o planeta é gerido de forma insustentável (OMS, 2018).

Fica evidente a aplicação e a existência da Microbiologia em diversas áreas das Ciências Ambientais, por isso sua relevância como conteúdo escolar na direção

de desvelamento de sua função se faz necessária.

### 1.3 MICROBIOLOGIA COMO CONTEÚDO ESCOLAR

A microbiologia no ensino escolar deve oferecer aos estudantes, um olhar amplo sobre os microrganismos, como aspectos anatomofisiológicos e as aplicações e benefícios para a saúde humana e a manutenção do equilíbrio ecológico (MADIGAN *et al.*, 2004).

Segundo Madigan (2010),

A ciência da microbiologia gira em torno de dois temas que estão interconectados: a) o entendimento da natureza e funcionamento do mundo microbiano e b) a aplicação do nosso entendimento acerca da microbiologia para benefício da humanidade e do planeta Terra (MADIGAN, 2010, p. 02)

O primeiro tema descreve a microbiologia básica, as propriedades, a natureza dos microrganismos, dentre eles, as bactérias, as arqueas, os fungos, os protozoários, as algas e os vírus, suas características morfofisiológicas (nutrição, reprodução, condições para o crescimento, metabolismo), sua distribuição natural, características genéticas e ecológicas a taxonomia e as relações que são estabelecidas com outros seres vivos (CAMPOS, 2016; TORTORA *et al.*, 2017).

O segundo tema estuda a aplicação dos microrganismos na vida cotidiana das pessoas. A maioria dos microrganismos contribui de forma benéfica para o equilíbrio do meio ambiente. Eles estão presentes em muitos processos biológicos, nas cadeias alimentares, realizando o processo de decomposição e a incorporação do gás nitrogênio em compostos orgânicos, reciclando os elementos químicos, atuando na função da fotossíntese, auxiliando na digestão e síntese de vitaminas no organismo dos animais, incluindo o homem, nas aplicações comerciais, como na produção de ácidos orgânicos, enzimas, álcoois, na indústria de alimentos, vinagre, derivados do leite, bebidas fermentadas e na fabricação do pão (CAMPOS, 2016; TORTORA *et al.*, 2017).

Para Welker (2007) o ensino das Ciências Biológicas, na educação básica, não é desenvolvido de forma atrativa, fazendo com que o estudante não relacione e contextualize seus saberes, distanciando-se da realidade do dia a dia, tornando assim, um conteúdo desinteressante.

A Microbiologia por tratar de seres vivos invisíveis a olho nu se torna uma área abstrata, difícil de ser contextualizada e compreendida, se tornando um conteúdo por



vezes teórico na maioria dos espaços escolarizados. Parte das escolas básicas não são equipadas para a realização de aulas práticas, tornando a aprendizagem dos estudantes, difícil e desinteressante, não alcançando os objetivos preconizados pelos documentos norteadores curriculares (LIMBERGER *et al.*, 2009; MORESCO *et al.*, 2017).

Para tanto, esse conteúdo ao ser abordado, exige a adoção de metodologias que visem facilitar e estimular o aprendizado e conseqüentemente aproximar este conhecimento do seu cotidiano (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

As aulas laboratoriais de Microbiologia devem permitir que o aluno compreenda, interprete e empodere-se do conteúdo apresentado despertando o interesse em formular hipóteses, julgar criticamente, despertando-o também para o conhecimento científico (NETO *et al.*, 2018).

Formar indivíduos com raciocínio crítico com conhecimento eficaz e profundo é um desafio. Há que se considerar que diante de tantas informações a população sente-se insegurança em afirmar e posicionar-se diante de temas tão polêmicos que interferem em sua vida cotidiana, como o uso de transgênicos, a clonagem, a fabricação de vacinas, o uso de medicamentos e tantas outras.

O conteúdo da Biologia deve nortear um posicionamento frente a essas questões, que dizem respeito às suas ações cotidianas e a capacidade de transformá-las com uma visão epistêmica, corroborando com um letramento científico por parte da população (BRASIL, 2006).

Apesar da Biologia fazer parte da vida diária da população, o educando não a vincula a sua realidade cotidiana, estreitando os vínculos, entre seu contexto de vida e a produção científica que é abordada na sua construção formal. Essa noção fragmentada dificulta a sua visão holística, que nada mais é que o homem se situar como membro integrante do ambiente (BRASIL, 2006).

As aulas laboratoriais e práticas visam oportunizar a experimentação e observação do processo que é apresentado de forma teórica em aula, fortalecendo a construção dos conceitos científicos e repercutindo diretamente na qualidade de vida, desencadeando transformações significativas na vida do estudante (BARBOSA *et al.*, 2015 apud MORBECK, 2019).

Dessa forma destaca-se a relevância da Microbiologia enquanto saber escolar e a necessidade de condições teórico-práticas para o seu desenvolvimento de forma significativa ao alunado. Na sequência destacamos como esse conteúdo está previsto

no Currículo do Novo Ensino Médio da Rede Estadual de Educação do Paraná e em seus livros didáticos.

## **2 CURRÍCULO DO NEM E OS CONTEÚDOS DA MICROBIOLOGIA**

O capítulo 2 desta pesquisa busca inventariar quais os conteúdos de Microbiologia estão contemplados nos documentos escolares, considerando a relevância desse objeto de estudo no campo das Ciências Ambientais e da manutenção e existência da vida.

Nesse sentido o capítulo segue organizado em quatro seções que abordam o Currículo do Novo Ensino Médio e seus documentos orientadores; na sequência como está organizada a Área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, considerando o ensino do componente curricular de Biologia, por fim como está disposto nos livros didáticos o componente de Biologia e os conteúdos de Microbiologia Ambiental.

### **2.1 O CURRÍCULO DO NEM**

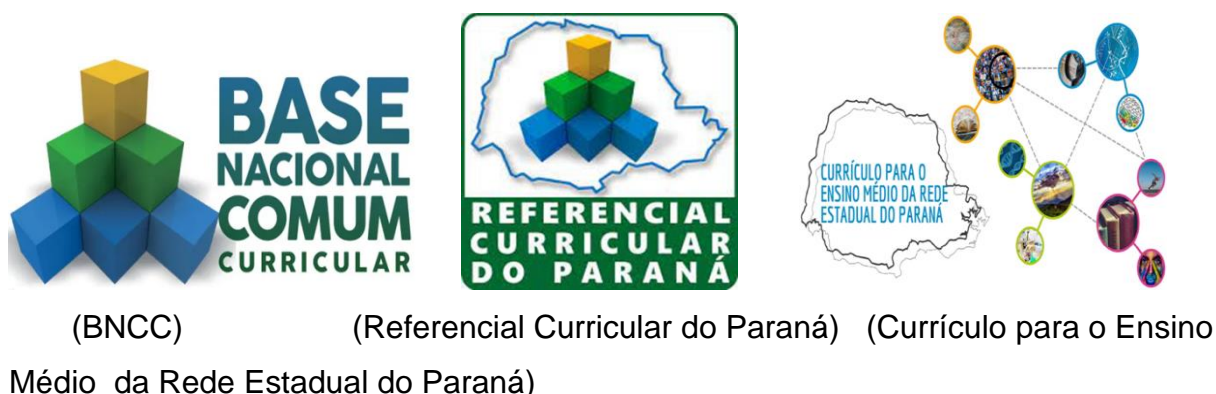
O estudo e análise do Novo Ensino Médio, ocorre em todas as redes de ensino e escolas do país, com sua proposta de reorganização curricular, didática e pedagógica. Esse desafio prevê mudanças para a educação no Estado do Paraná.

Assim, serão abordados os aspectos históricos do processo de organização pedagógica, análise de indicadores e as percepções e expectativas frente ao Novo Ensino Médio, análise dos sujeitos que fazem parte desta etapa e os muitos desafios encontrados neste processo de mudança e construção (PARANÁ, 2021).

A BNCC é um documento orgânico construído a nível nacional que se refere às aprendizagens essenciais em todas as etapas da educação básica, assegurando ao educando, todo direito de aprendizagem e desenvolvimento, objetivando formar um cidadão íntegro dentro de uma sociedade inclusiva, justa e democrática (BRASIL, 2018).

Podemos observar a partir da Figura 1, as imagens alusivas dos currículos tidos como documentos norteadores da organização da educação escolar no Brasil e no Estado do Paraná, sendo: Base Nacional Comum Curricular; Referencial Curricular do Paraná e o Currículo para o Ensino Médio da Rede Estadual do Paraná.

Figura 1 Documentos Norteadores da Educação no Brasil e no Estado do Paraná.



Fonte: BRASIL, 2018; PARANÁ, 2021.

A BNCC norteia a construção dos currículos e propostas pedagógicas escolares, estaduais e municipais e se refere à formação dos profissionais da educação, organização dos conteúdos educacionais e toda infraestrutura necessária para o desenvolvimento da educação (BRASIL, 2018).

Sendo assim, espera-se que a BNCC, garanta o acesso e a permanência do estudante na escola, garantindo aprendizagem e o desenvolvimento das dez competências gerais que alcançam todas as áreas de ensino, sendo nas: Linguagens, nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias; nas Ciências Humanas e suas Tecnologias e na Matemática, alcançando as três etapas da Educação Básica (BRASIL, 2018).

As dez competências gerais da Educação Básica segundo a BNCC:

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao

exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade. 7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta. 8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas. 9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza. 10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários (BNCC, 2018, p.09,10).

A carga horária total do Ensino Médio até 2021 somava um total de 2.400 horas, dividida em 3 anos de 800 horas. A partir do ano de 2022 esta carga horária é elevada para um total de 3.000 horas, dividida em 1000 horas anuais (BRASIL, 2018), conforme o Quadro 1 que explicita didaticamente o comparativo da carga horária da proposta do NEM a partir de 2022 em relação ao EM vigente até 2021.

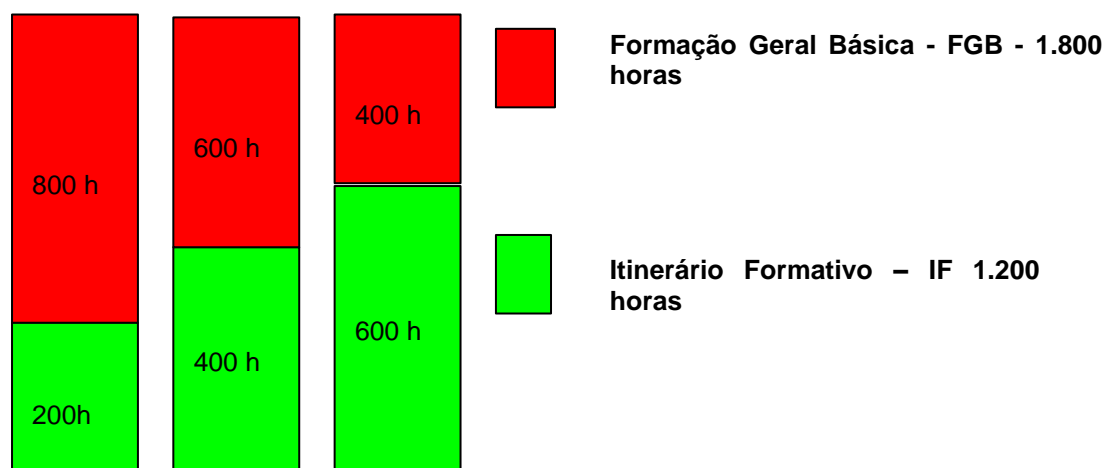
Quadro 1 - Comparativo de carga horária

	ATÉ 2021	A PARTIR DE 2022
CARGA HORÁRIA TOTAL DO ENSINO MÉDIO	2.400 HORAS	3.000 HORAS
CARGA HORÁRIA ANUAL	800 HORAS	1.000 HORAS

Fonte: BRASIL, 2018.

Dentro desta carga horária organizada anualmente, parte dela destina-se à Formação Geral Básica (FGB), e parte é destinada ao Itinerário Formativo (IF) (BRASIL, 2018). Na Figura 2 podemos observar a distribuição da carga horária do NEM entre a FGB e o IF como descrito anteriormente.

Figura 2: Divisão de carga horária do NEM



Fonte: BRASIL, 2018.

A FGB visa o desenvolvimento das competências e habilidades, aprofundando os conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, se organizando nas quatro áreas do conhecimento já mencionadas. Cada uma dessas áreas desenvolve as habilidades através da articulação dos componentes curriculares e devem ser “[...] articuladas como um todo indissociável, enriquecidas pelo contexto histórico, econômico, social, ambiental, cultural e local do mundo do trabalho e da prática social.” (PARANÁ, 2021,p.30).

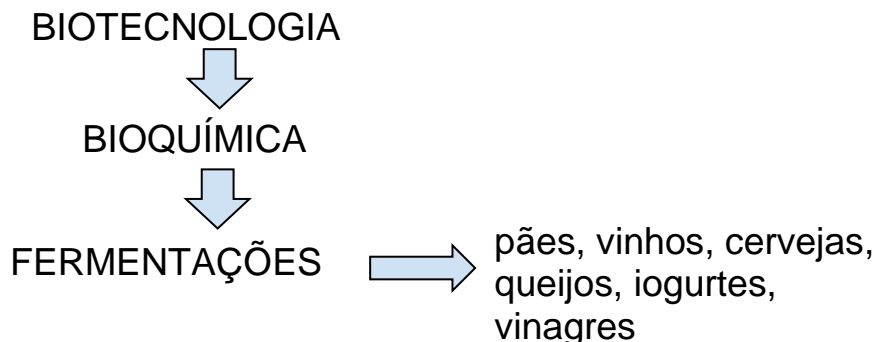
A área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, assim como outras áreas, organiza-se em Trilhas de Aprendizagem, a partir do 2º ano do NEM. As trilhas apresentadas nesta área são Empreendedorismo, Robótica I, Biotecnologia e Programação (PARANÁ, 2023).

Dentro da Trilha de Aprendizagem de Biotecnologia, oportuniza-se ao estudante a vivência da construção de conhecimentos científicos, os experimentos de técnicas de Biotecnologia utilizada na agricultura, na produção de alimentos, em setores da indústria, no ambiente e na saúde (PARANÁ, 2023).

A trilha sugere que o estudante realize uma investigação científica selecionando e sistematizando informações sobre os processos tecnológicos, posicionando-se, argumentando e buscando respostas sobre suas dúvidas. Para facilitar suas pesquisas e construções de ideias, sugerindo também o seguinte

esquema:

Figura 3 Etapas do processo biotecnológico



FONTE: PARANÁ, 2023

Seguindo a sugestão da Trilha de Aprendizagem Biotecnologia, muitos experimentos podem ser realizados, se a escola disponibilizar de equipamentos, um espaço adequado e um profissional com formação na área, que desenvolva os projetos e que obtenha os resultados que sejam levados ao conhecimento da população como sendo um saber científico e que consigam mudar a sua realidade.

## 2.2 A ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

Esta área alinhada com as competências gerais da Educação Básica e com a área de Ciências da Natureza do Ensino Fundamental deve garantir aos estudantes no Ensino Médio o desenvolvimento de competências específicas, às quais são também subdivididas em habilidades, que devem ser alcançadas nesta etapa (BRASIL, 2018).

Competências específicas desta área para o ensino médio:

1 -Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (BRASIL, 2018, p.553).

Esta competência específica possui habilidades tendo, dentre vários outros conteúdos listados, a microbiologia ambiental que pode ser abordada dentro do conteúdo sugerido como os ciclos biogeoquímicos. A segunda competência visa:

2 - Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis (BRASIL, 2018, p.556).

Nesta competência específica, encontram-se sugestões de conteúdos que podem ser elencados na Microbiologia Ambiental como a Origem da Vida e as Cadeias e teias alimentares. Esta competência possui habilidades a serem desenvolvidas com os estudantes. A terceira competência trata de:

3 - Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprias das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p.558).

Nesta competência específica, encontra-se um rol de sugestões de conteúdos inovadores no que se refere à Microbiologia Ambiental, como a aplicação da tecnologia do DNA recombinante e o controle biológico de pragas.

A área de Ciências da Natureza contribui muito com a construção de um conhecimento amplo, de forma contextualizada e científica, preparando e conduzindo os estudantes para um saber efetivo, de forma que reformulem teorias, desenvolvam autonomia intelectual e pensamento crítico com argumentos, apresentem alternativas de mudanças e aprendam a fazer uso das tecnologias para o bem comum. Esta área, como as demais, tem a pretensão de formar os jovens para enfrentar os desafios contemporâneos, orientando-os na construção de uma educação integral (BRASIL, 2018; PUGLIESE, 2020).

Assim a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, integrada pelos componentes curriculares de Biologia, Física e Química, amplia e sistematiza o aprendizado do ensino fundamental, focalizando principalmente na interpretação dos fenômenos naturais e dos processos tecnológicos, conduzindo o estudante a explorar e conhecer a cultura científica e aplicando este conhecimento adquirido nos diferentes contextos e situações cotidianas (BRASIL, 2018).

O componente Curricular de Biologia estimula o estudante na aprendizagem da ciência quando lhe é oportunizado às práticas científicas e o levantamento de problemas, provocado pelos estudantes. O componente curricular Física, também entra nesse processo, colaborando com os estudos dos fenômenos naturais e

tecnológicos.

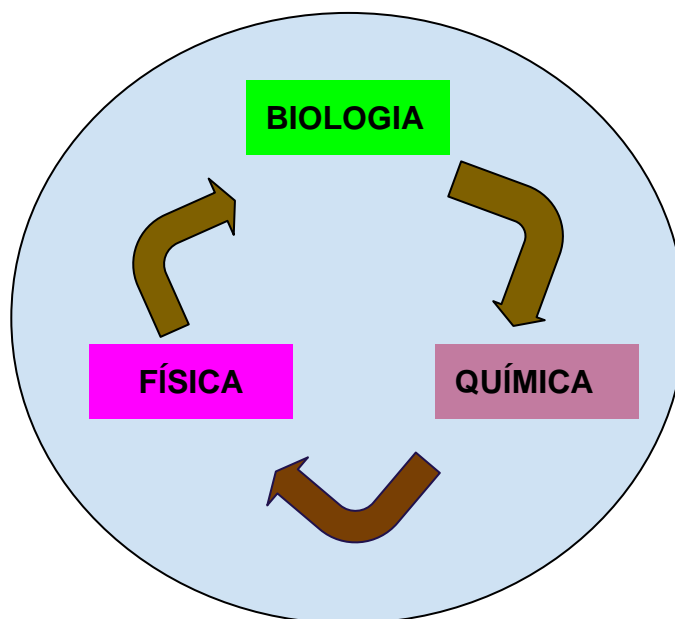
A Física entende os fragmentos da realidade, aproximando o cotidiano, levando o estudante a conhecer os elementos naturais, explorando os aspectos técnicos, sociais e ambientais. No componente curricular Química, o trabalho realizado com diversos recursos subsidiando uma aprendizagem onde o conhecimento científico seja explorado, alcançando o tão desejado encontro com a realidade do cotidiano e a conexão com outros saberes e fenômenos à sua volta (PARANÁ, 2021).

No Ensino Fundamental, as Unidades Temáticas que são: - Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo, tem como objetivo a introdução da investigação científica, para no Ensino Médio, realizar a aplicação deste aprendizado em situações-problema, onde o nível de abstração e complexidade é bem maior e as propostas de intervenção mais amplas (BRASIL, 2018).

Portanto, a proposta da Área de Ciências da Natureza é desenvolver no estudante do Ensino Médio a capacidade de criar uma linguagem argumentativa, que o permita uma comunicação de forma clara, precisa, com capacidade de propostas de intervenção baseadas em conhecimento científico e ético (BRASIL, 2018).



Figura 4 Inter relação dos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza.



FONTE: A AUTORA, 2023.

### 2.3 O COMPONENTE CURRICULAR DE BIOLOGIA E OS CONTEÚDOS DE MICROBIOLOGIA AMBIENTAL

Entre os componentes curriculares do Ensino Médio, a Biologia contém subsídios para que o professor desenvolva uma percepção que valoriza a importância dos microrganismos que promovem a manutenção da vida nos ecossistemas.

Para isso acontecer é interessante que o professor estimule os estudantes, utilizando encaminhamentos metodológicos que despertem a conscientização da aplicação desta ciência no cotidiano, podendo desenvolver os estudos de forma interdisciplinar, com os conteúdos de Química, Física e principalmente Biologia, considerando as propostas da BNCC e do Currículo para o Ensino Médio da Rede Estadual do Paraná. Promovendo assim, um estudo mais aprofundado e efetivo baseado em experiências e observações, incorporando os conteúdos relacionados à Microbiologia, resultando em mudanças de hábitos (BARBOSA, *et al.*, 2010; KIMURA *et al.*, 2013; VILAS BOAS, *et al.*, 2012)

Neste sentido, as atividades práticas são fundamentais para a compreensão, interpretação e assimilação dos conteúdos de Microbiologia, além de permitirem desenvolver no aluno a capacidade de observar, interpretar e inferir, formular hipóteses, fazer previsões e julgamentos críticos a partir da análise de dados. Despertam o interesse pela descoberta, da qual o aluno se torna agente, sentindo-se motivado e capaz de explicar os fenômenos com base em sua experiência profissional (BARBOSA, BARBOSA, 2010, p. 138).

As atividades práticas e laboratoriais de Microbiologia são extremamente importantes para que o estudante possa construir conceitos, conhecimento, sistematizando e empoderando-se do conteúdo apresentado, além disso, as aulas práticas motivam e despertam um julgamento crítico e o interesse pelo conhecimento científico (BARBOSA, *et al.*, 2010; PIATTI *et al.*, 2008).

No Currículo para o Ensino Médio da Rede Estadual do Paraná - os conteúdos elencados sobre a Microbiologia Ambiental, para serem vistos nos três anos finais do Ensino Básico, são relacionados a seguir.

O conteúdo sobre a Teoria da origem da vida e dos primeiros seres vivos tem como objetivo de aprendizagem:

- a) [...] analisar e selecionar argumentos sobre os modelos, teorias e leis propostos nos diferentes contextos históricos sobre o surgimento da Vida, da Terra e do Universo, com base no conhecimento contemporâneo (PARANÁ, 2021, p.396).

Nesse sentido aborda-se a primeira teoria sobre a origem da vida: abiogênese ou geração espontânea, que por muitos séculos afirmou-se que os seres vivos surgiam a partir da matéria inanimada, onde alguns cientistas buscavam testar hipóteses para comprovar tal teoria (GODOY, *et al.*, 2020, PARANÁ, 2021).

Refutando a teoria inicial da abiogênese, alguns cientistas como Francesco Redi (1626-1697), Louis Pasteur (1822-1895), realizaram vários experimentos que argumentaram contra essa ideia, ficando comprovada a teoria da biogênese, onde os seres vivos se originam somente a partir de outros seres pré-existentes, como no caso dos microrganismos que apareceram em seus experimentos (GODOY, *et al.*, 2020).

A hipótese de Oparin e Haldane, sobre a origem dos primeiros seres vivos no planeta, foi testada por Harold Urey e seu aluno Stanley Miller, não alcançando resultados o suficiente para comprovar ou descartar a hipótese (GODOY, *et al.*, 2020).

Sobre Microrganismos extremófilos - este conteúdo tem como objetivo de aprendizagem:

- b) [...] reconhecer a importância dos microrganismos extremófilos na astrobiologia, que oferecem condições para evidências sobre a origem da vida (PARANÁ, 2021, p.399)

No livro didático, do volume Ciência, Sociedade e Ambiente, o autor descreve sobre a capacidade de algumas bactérias tolerarem condições extremas de temperatura, salinidade e pH, sobrevivendo em locais onde a maioria dos seres vivos

não sobrevive. Estas bactérias são pesquisadas para buscar possibilidades de vida fora do planeta, em locais que se assemelham às condições encontradas no planeta Terra (GODOY, *et al.*, 2020).

As populações microbianas, pela sua diversidade, podem viver e tirar proveito de qualquer nicho encontrado no ambiente. Diferentes níveis de oxigênio, quantidade de luz e nutrientes podem ser encontrados em poucos milímetros de área (solo), onde os microrganismos aeróbios ao se apropriar de todo o oxigênio disponível no ambiente, iniciam às condições para a vida dos anaeróbios. Se o solo é remexido por algum fator como aragem ou passagem de minhocas, os microrganismos aeróbios reaparecem realizando suas funções, e assim se repete a sucessão (TORTORA *et al.*, 2017).

Os microrganismos extremófilos vivem em condições extremas de temperatura, acidez, salinidade e alcalinidade. As extremozimas (enzimas), que permitem o crescimento nessas condições, são de grande interesse para as indústrias, pois conseguem tolerar extremos de temperatura, pH e salinidade podendo inativar outras enzimas.

Os microrganismos vivem em ambientes muito competitivos, explorando tudo que possam lhe servir, metabolizando nutrientes de seus competidores de forma mais rápida. Um exemplo é a bactéria do ácido láctico, utilizada na produção de laticínios, que consegue tornar o nicho ambiental inabitável para organismos competidores, pois, a acidez inibe o crescimento de outros microrganismos (TORTORA *et al.*, 2017).

No livro didático de apoio do ano vigente de 2022 - do volume: Matéria, Energia e a Vida, na página 126, o Texto Complementar: Microrganismos na indústria - menciona sobre as bactérias estudadas quanto ao potencial na fabricação de bioplásticos, ou plásticos biodegradáveis, isto é, plásticos que podem ser decompostos rapidamente no ambiente, pela ação de seres decompositores, como bactérias e fungos.

No processo produtivo em estudo, algumas bactérias são usadas para a produção dos bioplásticos a partir de resíduos da fabricação do etanol, como o melaço e o bagaço da cana. Essas bactérias utilizam os açúcares, como a sacarose e a xilose, presentes nesses resíduos, como fonte de energia. Nesse processo, sintetiza grânulos de bioplástico, que ficam armazenados em suas células para serem utilizados como fonte de reserva de energia.

O estudo consiste no desenvolvimento e na aplicação de técnicas específicas

para a extração dos grânulos e fabricação em larga escala. Os bioplásticos produzidos são empregados em setores que a biodegradabilidade seja necessária, como na fabricação de embalagens, de produtos de limpeza, de higiene, de medicamentos e cosméticos (GODOY, *et al.*, 2020).

Dentro do Currículo para o Ensino Médio da Rede Estadual do Paraná - este conteúdo é citado dentro da Unidade Temática: Ecologia ao abordar sobre os impactos ambientais e o desenvolvimento sustentável, relacionando como sugestão de conteúdo, os problemas ambientais, seus impactos na saúde, sobre a poluição, contaminação ambiental e a interferência antrópica nos ecossistemas.

Na Unidade 4, do mesmo volume citado: Matéria, Energia e a Vida, o conteúdo aborda a Energia e Matéria nas Cadeias Alimentares que tem como objetivo de aprendizagem do Currículo

c) [...] relacionar a obtenção energética dos diferentes organismos vivos, com as transferências de energia e matéria que ocorrem nas cadeias e teias alimentares na natureza, considerando a análise das pirâmides de biomassa, de energia e de números (PARANÁ, 2021, p.394).

Este objetivo de aprendizagem apresenta como possibilidade de conteúdo as cadeias e teias alimentares, O volume da coleção utilizada aborda o conteúdo de forma simples, de fácil compreensão e apresentando um texto com imagens associadas ao cotidiano. Apresenta algumas bactérias e as microalgas como os organismos fotossintetizantes produtores, e os fungos e bactérias como organismos decompositores, heterotróficos que se alimentam de matéria orgânica não viva, que é degradada em substâncias inorgânicas, as quais podem ser reutilizadas pelos produtores, assim os decompositores atuam na ciclagem dos elementos químicos na natureza (GODOY, *et al.*, 2020).

Segundo Nascimento, 2019, as microalgas são microrganismos fotossintetizantes eucariontes. Podem ser utilizadas em vários setores como na indústria farmacêutica e cosmética, no combate à degradação ambiental, remoção de poluentes com a função de biorremediadores, na produção de biocombustíveis sendo também responsáveis pela produção de mais da metade da atividade fotossintética do planeta.

Do ponto de vista taxonômico, as microalgas são classificadas de acordo com sua pigmentação, ciclo de vida e estrutura celular. As principais classes são as diatomáceas, algas verdes, algas douradas e cianobactérias. Dentro da cadeia alimentar marinha, as microalgas servem de alimento para larvas de crustáceos, de

moluscos e na aquicultura, entram como principal componente de ração (NOGUEIRA, *et al.*, 2015).

A Unidade Temática Ecologia, que faz parte do Componente Curricular Biologia, apresenta como objetivo de aprendizagem

d) [...] compreender os Ciclos Biogeoquímicos: da água, do carbono, do nitrogênio e do oxigênio, com ênfase na ação antropogênica e suas consequências nocivas à saúde e ao meio ambiente. (PARANÁ, 2021, p.395).

Aqui se apresenta como possibilidade de conteúdo o estudo destes ciclos. A unidade Matéria Energia e a Vida, da coleção do livro didático utilizada no ano vigente de 2022, apresentam os ciclos do carbono e do nitrogênio, situando a importância e a função de cada grupo (gênero) de bactérias na realização dos processos de cada ciclo: do Nitrogênio: as etapas de fixação biológica realizada por bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Azobacter* e *Clostridium*; a etapa de nitrificação por bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, a desnitrificação pela ação de bactérias como as da espécie *Pseudomonas desnitrificans* e quando ocorre a morte dos organismos vivos, o nitrogênio, pela ação dos decompositores, é liberado na forma de amônia, ocorrendo o processo denominado amonificação. Do carbono: os microrganismos decompositores, fungos e bactérias transformam moléculas orgânicas complexas, em moléculas simples como água, gás carbônico e metano, que são liberados para a atmosfera ou permanecem no solo (GODOY *et al.*, 2020).

Além da explanação científica dos ciclos, o livro traz textos complementares relacionados às atividades antropogênicas que podem causar interferência alterando e afetando o meio ambiente, inclusive os microrganismos. Esse conteúdo tem como objetivo de aprendizagem:

e) “[...] relacionar os conhecimentos biomoleculares e celulares com as tecnologias desenvolvidas que se utilizam de organismos vivos ou matéria-prima deles para criar ou modificar produtos e resolver problemas na sociedade e reconhecer e elaborar argumentos científicos sobre os avanços da biotecnologia no diagnóstico e tratamento de doenças, na produção farmacológica, nas ciências forenses e na limpeza do meio ambiente. (PARANÁ, 2021, p.401).

A possibilidade de conteúdo “Tecnologia do DNA recombinante” está inserida dentro do conteúdo de Biotecnologia, que de uma forma mais ampla é entendida como técnicas de manipulação genética, como plantas, animais e microrganismos, utilizados para extração de produtos ou de processos que possam beneficiar a humanidade.

A utilização de seres vivos em benefício humano é de ordem milenar, como a fermentação para fabricação de pães, vinhos, queijos etc. Entretanto, com os avanços científicos e tecnológicos, a biotecnologia está incluindo a manipulação do material genético dos seres vivos, influenciando na produção dos alimentos agrícolas e seus derivados, nas questões ambientais e da saúde, como a clonagem de células e de organismos, os organismos geneticamente modificados, a transgenia, entre outros.

Todo esse conjunto de técnicas que permitem a manipulação do material genético dos seres vivos chamou-se de engenharia genética. Dentre as várias biotecnologias que compõem a engenharia genética, citamos a tecnologia do DNA recombinante, que permite a realização da clonagem molecular, a realização de terapias gênicas e a obtenção de organismos geneticamente modificados, os conhecidos (OGMs) (GODOY, *et al.*, 2020).

A técnica do DNA recombinante consiste no surgimento de uma nova molécula de DNA, a partir da junção de fragmentos de DNA, geralmente de dois ou mais organismos diferentes. A produção de vacinas para prevenção da hepatite B é obtida pela técnica do DNA recombinante, onde um pedaço do DNA do vírus é inserido em uma bactéria que se torna geneticamente modificada e produtora da proteína viral (GODOY, *et al.*, 2020).

Outra técnica de manipulação genética é a clonagem molecular, que se utiliza de plasmídeo bacteriano, realizando a replicação de inúmeras cópias do gene de interesse. Estes genes ou as proteínas por ele traduzidas são utilizadas para outras aplicações, como por exemplo, a produção artificial da insulina humana. Para produção desta insulina utiliza-se a bactéria da espécie *Escherichia coli*, que é preparada em condições específicas para receber o gene que se liga ao plasmídeo, resultando então na produção do hormônio (GODOY, *et al.*, 2020).

A técnica da engenharia genética que se utiliza também de microrganismos do ambiente são os organismos geneticamente modificados, cujo material genético é alterado artificialmente. Os organismos transgênicos, são exemplos de organismos modificados geneticamente, pois são produzidos para expressar genes de interesse de outras espécies, apresentando características que não são suas propriamente.

Os organismos transgênicos são muito utilizados, por exemplo, para melhorias das práticas agrícolas, como na produção de soja e milho. Estes grãos recebem genes que codificam proteínas tóxicas à alguns tipos de insetos- praga, impedindo que eles ataquem e prejudiquem as lavouras, reduzindo assim, o uso de

agrotóxicos com ação inseticida. Como ponto positivo da transgenia na agricultura, pode-se argumentar também, a redução de custo e o aumento da produtividade. Contudo, a transgenia ainda é um assunto controverso em relação aos riscos ambientais e à saúde humana (GODOY, *et al.*, 2020).

Segundo Madigan *et al.*,(2016), a engenharia genética diz respeito às técnicas *in vitro*, com o objetivo de alterar o material genético em laboratório. O material alterado é inserido de volta ao organismo de origem ou a outro organismo.

As bactérias são os microrganismos largamente utilizados nas técnicas da engenharia genética, pois, possuem os plasmídeos e a maioria deles são vetores naturais que geralmente carregam outros genes, conferindo importantes características a seus hospedeiros. Muitas das manipulações de DNA utilizam-se das bactérias e seus plasmídeos para modificar geneticamente os organismos desejados, como animais e principalmente plantas, transformando-os nos conhecidos OGMs (MADIGAN *et al.*, 2016).

Juntamente com o objetivo de aprendizagem que implica a produção de vacinas, outro objetivo analisado concomitantemente é a:

f) [...] investigação de doenças epidemiológicas que assolam o mundo, considerando o contexto histórico da época, contrapondo com as doenças atuais (PARANÁ, 2021, p.398).

Este objetivo traz consigo o estudo da saúde pública: Epidemiologia e tem como possibilidade de conteúdo, as doenças emergentes e reemergentes do contexto local, regional e global. Entre as doenças mais comuns afetadas pelos problemas ambientais e sociais estão as IST's - infecções sexualmente transmissíveis, todas as doenças microbianas causadas por problemas ambientais, dentre vários outros problemas.

Segundo Madigan *et al.*, (2016), Epidemiologia é o estudo da ocorrência, distribuição e de determinantes de doença e saúde em uma população, ela trata de saúde pública como um todo. Doenças emergentes muitas vezes aparecem de repente, como por exemplo, a síndrome respiratória aguda severa - SARS- entre outras doenças de emergência rápida, a SARS tinha origem viral e zoonótica, entretanto, os agentes infecciosos conseguem atravessar a barreira entre espécies, desencadeando a doença em seres humanos. A epidemia de SARS iniciou no final de 2002, e em poucos meses o vírus já estava disseminado em 28 países (MADIGAN *et al.*,2016).

Os vírus da família Coronaviridae, o SARS-CoV e o MERS-CoV no passado, foram responsáveis por grandes epidemias, porém, a dimensão que tomou a pandemia causada pelo SARS-CoV-2, que foi declarada em fevereiro do ano de 2020 e se estendeu até o dia cinco de maio de 2023, foi além do já visto. Por mais que pertençam à mesma família, a doença causada pelo vírus SARS-CoV-2, a COVID-19, possui características particulares não vistas em outras síndromes respiratórias, pois afetam a qualidade de vida da pessoa e deixam sequelas significativas. Os sintomas incomuns causados pelo vírus continuam em observação, além disso, a velocidade de transmissão do vírus, fez com que a ciência trabalhasse contra o tempo para controlar a disseminação (SOUZA *et al.*,2021).

Assim como o vírus SARS-CoV, o MERS-CoV é denominado como Coronavírus da Síndrome Respiratória do Oriente Médio, por aparecer inicialmente na Arábia Saudita. Ao entrar no organismo humano, além de comprometer o sistema respiratório, também compromete o sistema renal, ocasionando uma infecção sistêmica. Contudo, por mais que tenha se expandido para todos os continentes, o número de óbitos em âmbito global foi contabilizado em 858 casos(SOUZA *et al.*,2021).

Muitas doenças de origem microbiana, que acometeram a população, como varíola, difteria, poliomielite, sarampo, entre muitas outras, foram controladas e até erradicadas por medidas de saúde pública como quarentenas e a vacinação, além das melhorias nas condições básicas de vida, como acesso a água potável, tratamento de esgoto público e melhor alimentação (MADIGAN *et al.*,2016).

O pesquisador epidemiologista rastreia a disseminação de uma doença com o objetivo de identificar sua origem e formas de transmissão. Os dados são coletados a partir de redes de vigilância de notificação das doenças, de entrevista com pacientes que apresentam os sintomas e de estudos clínicos, definindo assim os fatores comuns que caracterizam uma doença. O conhecimento da dinâmica populacional e dos sintomas que apresentam determinada doença são os pré-requisitos para que as medidas de saúde pública sejam eficazes no seu controle (MADIGAN *et al.*, 2016).

O problema das doenças infecciosas emergentes e reemergentes é global e acontecem com uma frequência alarmante, drástica e rápida, pois, alterações no patógeno (microrganismo), no ambiente e nos hospedeiros auxiliam para a disseminação de novas doenças. As doenças emergentes são aquelas que subitamente prevalecem, que aumentam com alta incidência e tendem a aumentar em



breve e as reemergentes são aquelas que estavam sob controle, mas que reaparecem como uma nova epidemia (MADIGAN *et al.*, 2016).

O Currículo para o Ensino Médio Estadual do Paraná, 2021, traz como mais um objetivo de aprendizagem, o educando ter a capacidade de

g) Compreender um microbioma (vírus, bactérias, protozoários e fungos), relacionando seu papel na alimentação e na ecologia de diferentes organismos, discutindo a diversidade microbiana e suas implicações na imunidade e no metabolismo (PARANÁ, 2021, p.395).

Este objetivo traz como possibilidade de conteúdo a classificação biológica dos seres vivos com ênfase nos vírus, bactérias, protozoários e fungos. Estes conteúdos são encontrados nos livros didáticos, utilizados como material de apoio de forma superficial, não alcançando os objetivos propostos de uma aprendizagem efetiva, que provoque mudanças no educando e que construa um saber científico.

A termologia microbioma em 2001 foi definida como “a comunidade ecológica de microrganismos comensalistas, simbiotes ou patogênicos que ocupam o espaço de nosso corpo”, definição dita por Joshua Lederberg, se referindo ao microbioma humano. Esta definição em 2002 foi simplificada como “microrganismos associados aos humanos”. Hoje sabe-se que o microbioma humano supera em 10 vezes a quantidade de células que formam o corpo humano (CARDOSO, *et al.*, 2016).

Nos dias atuais o termo microbioma descreve o conjunto de microrganismos que vivem em certo hospedeiro ou que ocupam um ambiente. Segundo (BOON 2014, apud CARDOSO, *et al.*, 2016) define microbioma como o universo de microrganismos que habitam vários sistemas e realizam várias funções em um determinado ambiente.

Apesar da classificação taxonômica ser a forma mais utilizada para esse tipo de estudo, a transferência de material genético influencia nas funções ecológicas e metabólicas nos organismos, tornando essa classificação associada às funções no ambiente (CARDOSO, *et al.*, 2016).

Gonçalves, 2014, diz que um corpo humano abriga, de forma saudável, muitos microrganismos como bactérias, arqueas, fungos, vírus que formam a microbiota humano, que é definido como um determinado lugar com características específicas, povoado por microrganismos específicos e adaptados ao local. Por exemplo, o intestino humano é um microbioma que encontra microrganismos adaptados às características do local.

Mais um objetivo de aprendizagem contemplado do Currículo é:

h) Compreender o ciclo de vida de produtos inovadores e sustentáveis e seus conceitos, a partir do reaproveitamento de matéria orgânica provenientes do manejo sustentável e da ação dos microrganismos e distinguir os diferentes organismos utilizados como bioindicadores e no processo de biorremediação, destacando suas características gerais e funções no controle biológico de diversos contextos (PARANÁ, 2021, p.401).

Este objetivo tem como possibilidade de conteúdos: o uso de Bioindicadores e a Biorremediação. Estes conteúdos não estão contemplados nos livros didáticos de apoio, escolhidos pelo PNLD e utilizados com os estudantes, a partir do ano de 2022.

O objetivo da aprendizagem é relevante ao indicar a utilização de microrganismos para realizar tratamento e descontaminação ambiental de poluentes, uma vez que a educação formal prioriza a educação e a preservação ambiental.

Segundo Souza, *et al.*, (2009), as indústrias são as maiores contribuintes de poluição e contaminação ambiental, pois, se utilizam de grandes quantidades de água e em consequência, produzem grandes quantidades de resíduos tóxicos recalcitrantes que acabam sendo despejados em corpos de água de maneira inadequada.

Portanto, uma das formas de controle desses efluentes, é a biorremediação, técnica que consiste em usar microrganismos como ferramentas para o tratamento ou a remediação de ambientes contaminados. É uma técnica biotecnológica que tem como resultado um processo (ARAÚJO, 2015).

É utilizada desde as primeiras civilizações, trazendo muitas vantagens em relação a outras soluções, por ser um processo natural e seguro. As enzimas produzidas pelas leveduras, conseguem converter os contaminantes em produtos como dióxido de carbono, biomassa e água, substâncias inofensivas ao ambiente. Além de ser uma técnica que apresenta o menor custo em relação aos outros tratamentos ambientais (CATARINO, 2016).

A produção de enzimas a partir de microrganismos é um dos campos mais promissores dentro da biotecnologia como também representa uma grande possibilidade de uso mais eficiente dos diversos recursos naturais renováveis existentes no planeta (ARAUJO, 2015).

## **2.4 O LIVRO DIDÁTICO E OS CONTEÚDOS DE MICROBIOLOGIA**

O livro didático é um dos mais antigos recursos didáticos da história, mas ainda hoje se faz presente em toda e qualquer situação de ensino aprendizagem. O livro traz consigo uma reflexão do conhecido ou do desconhecido, orienta o ensino

aprendizagem, amplia horizontes, ajuda na organização, sistematização e apresentação dos conteúdos (VILARINHO E SILVA, 2015).

Desde sua criação até hoje, passou por inúmeras mudanças. Em 1938, iniciou-se a criação de órgãos e políticas que assumiram a responsabilidade de avaliação, compra e distribuição dos livros. A (CNLD), Comissão Nacional do Livro Didático, estabeleceu a primeira política nacional de legislação que cuidou da produção e da circulação das obras no país.

O PNLD, criado em 1985 estabelece regras e critérios para a escolha dos livros didáticos a serem usados pelos estudantes. O livro deve ser escolhido e indicado pelos professores após uma análise criteriosa. Devem ser reutilizados abolindo a ideia do descartável, portanto, com material de melhor qualidade.

A partir de 1996, o MEC começa cuidar da produção e da qualidade dos livros, de ordem conceitual, política e por fim, metodológica, ou seja, que propiciasse um ensino adequado e coerente. Assim o livro didático hoje é submetido a uma avaliação pedagógica por professores de Universidades Públicas de Ensino (PERRELLI, *et al.*, 2013).

O livro didático que faz parte do PNLD, escolhido e utilizado no triênio, 2022, 2023 e 2024, pelas escolas públicas do Estado do Paraná, para o Novo Ensino Médio, na área do conhecimento Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, da editora FTD, 1ª edição, ano 2020, tem como título “Multiversos” e está dividido em 6 volumes com conteúdo que contemplam os 3 componentes curriculares: Biologia, Física e Química.

O livro foi organizado e construído por 3 autores: Leandro Pereira de Godoy, professor licenciado em Ciências Biológicas e Mestre em Microbiologia; Rosana Maria Dell’Agnolo, professora com habilitação e pós graduação em Química e Wolney Candido de Melo, licenciado em Física e doutor em Educação.

A Figura 5, representa os 6 volumes da coleção de livros utilizados pelos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Biologia, Química e Física.

Figura 5 Capas dos volumes de CNCT para o Ensino Médio.





Fonte: A autora

Realizou-se também, a título comparativo, uma análise de conteúdos relacionados à Microbiologia, de 3 coleções de livros didáticos, que foram selecionadas para escolha, pelos professores das escolas públicas do estado do Paraná, para serem utilizadas como material didático de apoio em sala de aula.

1) *Biologia Moderna*, Componente Curricular Biologia, aprovado pelo PNLD, dividido em 3 volumes, para ser utilizado no triênio 2018, 2019, 2020, dos autores José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho, da Editora Moderna do ano de 2016.

2) *Biologia Hoje*, Componente Curricular Biologia, aprovado pelo PNLD, dividido em 3 volumes, também para ser utilizado no mesmo triênio, dos autores Sérgio Linhares, Fernando Gewandszajder e Helena Pacca, da Editora Atica do ano 2017.

3) *Bio*, Componente Curricular Biologia, dividido em 3 volumes, dos autores Sônia Lopes e Sergio Rosso, da editora Saraiva, do ano de 2010.

As 3 coleções analisadas trazem em seus conteúdos de Microbiologia, aspectos e formas de abordagem, muito similares, além de apresentar basicamente os mesmos conteúdos de microbiologia no campo das Ciências Ambientais.

Todos descrevem sobre a origem dos seres vivos a partir das teorias da Biogênese e da Abiogênese, relatando os experimentos de pesquisadores e a defesa de suas pesquisas; em Ecologia os autores abordam vários assuntos da microbiologia ambiental como a função das algas que fazem parte do nível dos produtores, a função e a importância dos decompositores dentro das cadeias alimentares, as relações mutualísticas dos fungos, bactérias com as algas, as plantas para formação dos líquens e micorrizas. Os ciclos biogeoquímicos que identificam a importância de algumas bactérias para sua realização, a utilização dos microrganismos que realizam o processo de fermentação láctica e alcoólica.

Os estudos e as aplicações nas pesquisas de biotecnologia como a

biorremediação, a produção de antibióticos, de vacinas, como biorreguladores, produção de biodiesel e na produção de alimentos.

Nos estudos contemporâneos da engenharia genética os microrganismos - bactérias e vírus - são aplicados para a produção das enzimas de restrição, para experimentos de clonagem, e transgenia, em terapias e vacinas gênicas e organismos geneticamente modificados.

Os autores trazem também a classificação taxonômica das arqueas, bactérias, protozoários, algas e fungos, além dos vírus, com ênfase também nas doenças causadas por estes microrganismos.

### **3 METODOLOGIA DE PESQUISA, RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Este capítulo visa descrever as análises que se deram durante o percurso de pesquisa sobre o objeto e a problemática aventada. Portanto segue organizado em três sessões a saber: metodologia; o enfoque da Microbiologia Ambiental no Currículo do NEM no componente curricular Biologia e a correlação dos conteúdos previstos e o livro didático.

#### **3.1 METODOLOGIA**

O objeto de estudo desta pesquisa é o conteúdo de Microbiologia Ambiental no Ensino Médio do Estado do Paraná.

Esta pesquisa teve como objetivo geral, analisar como a Microbiologia Ambiental está contemplada nos documentos norteadores da prática docente para o Componente Curricular Biologia da Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, do Novo Ensino Médio, em escolas públicas do Estado do Paraná.

Foi caracterizada pela análise documental e bibliográfica de fontes secundárias (BNCC, CURRÍCULO DO NEM, LIVRO DIDÁTICO), além de artigos científicos e outros livros. O conteúdo do texto ainda não passou por um tratamento analítico, sendo ainda matéria prima em que o pesquisador se utiliza para realizar sua investigação e análise. Nesta pesquisa não existem hipóteses para comprová-las ou refutá-las, a intenção é a comparação para a compreensão (SEVERINO, 2007).

A análise de conteúdo foi realizada nos documentos norteadores: BNCC, Currículo para o Ensino Médio da Rede Estadual do Paraná e o Livro Didático utilizado como material de apoio, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, com o

objetivo de elencar os conteúdos que abordam a Microbiologia. Ambiental.

Segundo Garcia (2005) apud Kimura, *et al.*,(2013):

A escola é um espaço formativo e a educação uma prática de formação da pessoa, é necessário que este espaço não se limite somente ao repasse de informações sobre um determinado assunto. É importante que a escola tenha por missão contribuir para que o aluno desenvolva habilidades e competências que lhes permitam trabalhar as informações, ou seja, selecionar, criticar, comparar, elaborar novos conceitos a partir dos que se tem. (GARCIA, 2005, apud KIMURA, *et al.*,2013, p.150).

Nesse sentido todo o estudo foi permeado pela leitura, análise e experiência profissional da pesquisadora que possui 30 anos de ensino, no componente curricular de Biologia, na Rede Pública de Educação e em outras instituições educativas.

### **3.2 O ENFOQUE DA MICROBIOLOGIA AMBIENTAL NO CURRÍCULO DO NEM NO COMPONENTE CURRICULAR BIOLOGIA**

O objetivo de estudo no E.M. não é apenas adquirir um conhecimento reduzido à explicação técnica sobre o funcionamento de dispositivos eletrônicos, por exemplo, mas é ir, além disso, proporcionando aos estudantes um conhecimento científico efetivo, compreendendo os conceitos de forma que adquiram autonomia e se integrem à sociedade, participando nas tomadas de decisões (PARANÁ, 2021).

A área das Ciências da Natureza é formada pelos componentes curriculares Biologia, Física e Química que tem em comum a construção do conhecimento científico, as relações com as tecnologias e a vida social e produtiva, alcançando as exigências do mercado de trabalho na era industrial e tecnológica, compreendendo significativamente o desenvolvimento sustentável (PARANÁ, 2021).

O componente curricular Biologia, na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, divide-se em Unidades Temáticas, que se organizam na seguinte sequência: Organização dos Seres Vivos e Biodiversidade, Ecologia, Origem e Evolução da Vida e Genética, estas unidades, possuem as habilidades da BNCC, Os Objetos do Conhecimento, os quais representam os marcos conceituais da Biologia e as sugestões de conteúdo a serem trabalhados em cada uma dessas unidades.

O ensino da ciência tem como grande objetivo, tornar a aprendizagem mais significativa com experimentos de vida dentro e fora da escola, contribuindo com a solução de problemas do cotidiano, como relacionar a microbiologia ambiental aos fenômenos que acontecem à sua volta, como por exemplo, a separação e o destino correto dos resíduos, as doenças microbianas, dentre muitas outras relações. Esse

estudo busca formar um cidadão com entendimento dos fenômenos sob um viés científico, com visão crítica, com capacidade de resolver e informar com confiabilidade (PARANÁ, 2021).

Quando aplicamos a biotecnologia é equívoco pensar que necessitamos sempre do uso de equipamentos tecnológicos avançados, pois, desde a antiguidade a humanidade utiliza microrganismos para muitos processos como a produção do álcool no século XII, o cultivo de fungos no século XVII, a premissa para a produção de vacinas no século XVIII, a primeira planta geneticamente modificada em 1981, o início do processo de clonagem de animais ameaçados de extinção em 2003 (PARANÁ, 2021).

Ao fazer uma análise dos fenômenos biotecnológicos, Krasilchik (2004), afirma que se pode reduzir a distância entre o conhecimento e a pesquisa científica e o cotidiano do estudante.

O conhecimento científico e os avanços tecnológicos fazem parte da evolução da humanidade e a sociedade está cada vez mais influenciada pelo desenvolvimento e resultados de pesquisas científicas (PARANÁ, 2021).

Com o desenvolvimento de novas pesquisas acerca dos microrganismos e seres vivos envolvidos em novas biotecnologias, como por exemplo, as pesquisas de novas formas de produção de vacinas, desenvolvimento e produção de biorremediadores a base de microrganismos utilizados como agentes descontaminantes e despoluidores do ambiente. Além da utilização de microrganismos para produção farmacológica e estudos das ciências forenses entre outras pesquisas comprovadas cientificamente. Tais pesquisas desencadeiam a necessidade de serem inseridas nos programas e currículos das escolas básicas como novos objetivos de aprendizagem, adicionando ou alterando novas possibilidades de conteúdo.

Se comparar o enfoque dos conteúdos do componente curricular Biologia, anterior ao NEM, observa-se um acréscimo de conteúdos que são voltados para a questão ambiental, incluindo os microrganismos e suas relações com o ambiente.

### **3.3 A CORRELAÇÃO DOS CONTEÚDOS PREVISTOS E O LIVRO DIDÁTICO**

Em um primeiro momento é importante colocar a sequência dos documentos norteadores, que a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias coloca-se ao

componente curricular Biologia.

A BNCC estabelece dez competências gerais, que abrange todas as áreas do conhecimento, definindo as aprendizagens essenciais a que o estudante tem direito. Cada área do conhecimento possui suas competências específicas, que devem ser garantidas aos estudantes e estas por sua vez, possuem as habilidades que se relacionam às aprendizagens básicas a serem alcançadas.

O conteúdo sobre as microalgas, no livro didático, está explanado de forma muito simples, com uma abordagem didática muito aquém dos objetivos esperados, visto a sua importância. O currículo do NEM, que se divide em Unidades Temáticas, traz na Unidade de Ecologia várias sugestões de conteúdos que permitem envolver as microalgas, nas cadeias e teias alimentares, os problemas ambientais, a poluição e a contaminação ambiental pela interferência antrópica, os bioindicadores e a biorremediação.

O objetivo de aprendizagem “[...] compreender um microbioma, relacionando seu papel na alimentação e na ecologia de diferentes organismos, discutindo a diversidade microbiana e suas implicações na imunidade e no metabolismo” (BRASIL, 2018, p.395), é um objetivo que deve ser focado de forma significativa, pela sua importância, na compreensão e conhecimento dos microrganismos que habitam um organismo.

A possibilidade de conteúdo do currículo, não está em consonância com o objetivo proposto. Ao analisar os conteúdos, o objetivo de aprendizagem e a relação deles com o livro didático, identifica-se que os mesmos não estão correlacionados, não permitindo que o estudante alcance o objetivo proposto, apresentando um conteúdo muito empobrecido e aquém das expectativas. Este objetivo de aprendizagem é de grande relevância, uma vez que aborda por exemplo todos os microbiomas que temos no corpo humano e no ambiente e que abrigam toda a microbiota.

Na coleção 1, Biologia Moderna de Amabis e Martho, observa-se que os autores complementam os conteúdos abordados, com textos que possibilitam o educando relacionar os conteúdos vistos com seu cotidiano. A coleção 2, Biologia Hoje, traz em sua organização, pequenos textos complementares em boxes, que buscam relacionar os conceitos científicos tratados no capítulo com fenômenos do cotidiano, a vida em sociedade e temas atuais das áreas da biotecnologia, saúde e meio ambiente, relacionando também com outros componentes curriculares. A



coleção 3, Bio, de Sônia Lopes e Sergio Rosso, assim como as demais coleções, apresenta textos complementares sobre o assunto de Microbiologia, relacionando com o cotidiano, de forma muito simples, fragilizada, com poucos desdobramentos, ficando aquém das expectativas de aprendizagem apresentada.

O currículo para o Novo Ensino Médio do Paraná (2021) traz uma abordagem muito significativa de conteúdo dentro do campo da Microbiologia voltada para as Ciências Ambientais.

O componente curricular Biologia, por tratar de fenômenos do dia a dia, dialoga com a vivência do estudante fazendo uma relação entre as aplicações e os benefícios, alcançando uma transformação de conhecimento, dando-lhe condições para suas tomadas de decisões de forma consciente acerca de questões como: a fabricação e a aplicação de vacinas, o desenvolvimento biotecnológico ligado à indústria farmacêutica, alimentícia, de biorremediação, indústria de reciclagem proveniente do manejo sustentável pela ação dos microrganismos, as doenças epidemiológicas, emergentes e reemergentes de vários contextos, os microbiotas e os microbiomas na ecologia e em diferentes organismos, entre várias outras ligadas à microbiologia ambiental.

Os conteúdos que envolvem o desenvolvimento e sustentabilidade, devem conter profundidade a ponto de levar o estudante a desenvolver uma reflexão baseada em defesas científicas acerca do desenvolvimento do planeta.

Com isso entende-se a importância, segundo Schenberg (2010), do manejo da racionalidade dos recursos naturais sustentáveis, especialmente no campo da produção de alimentos, na geração de energia, na prevenção da poluição ambiental e na biorremediação, uma vez que uma das Trilhas de Aprendizagem do IF do NEM, é a Biotecnologia, uma área na qual estes conteúdos podem ser abordados e experimentados, no aspecto do desenvolvimento sustentável envolvendo a microbiologia e o ambiente.

A seguir, apresenta-se um quadro comparativo, contendo as Unidades Temáticas, com as possibilidades de conteúdos do Currículo da Rede Estadual do Paraná a serem abordados e os conteúdos referentes à Microbiologia Ambiental, que os livros didáticos, apresentam:

Quadro 2 Quadro comparativo: currículo / livro didático

UNIDADE TEMÁTICA	CONTEÚDOS DO CURRÍCULO PARA O ENSINO MÉDIO DA REDE ESTADUAL DO PARANÁ	CONTEÚDO DOS LIVROS DIDÁTICOS RELACIONADOS À MICROBIOLOGIA AMBIENTAL.
Ecologia	<p>Ecologia</p> <p>Interações biológicas estabelecidas entre os diferentes organismos e destes com o meio ambiente;</p> <p>Cadeias e teias alimentares:</p> <p>Ciclos biogeoquímicos</p>	<p>1- MATÉRIA, ENERGIA E A VIDA</p> <p>*Texto: Microrganismos na indústria alimentícia, plásticos biodegradáveis, de medicamentos, combustível e etanol.</p> <p>*Cadeias e teias alimentares - função dos decompositores;</p> <p>*Ciclos biogeoquímicos: carbono e nitrogênio;</p>
Genética	<p>Biotecnologia</p> <p>Organismos geneticamente modificados</p>	<p>2- CIÊNCIA, TECNOLOGIA E CIDADANIA</p> <p>*Biotecnologia: Engenharia genética, DNA recombinante, Clonagem molecular, OGMs.</p> <p>*Vacinas e Soros</p>
Ecologia	Ambiente e sustentabilidade	<p>3 - ELETRICIDADE NA SOCIEDADE E NA VIDA</p> <p>*Matriz energética- fontes energéticas alternativas: biogás.</p>
<p>Organização dos seres vivos e biodiversidade;</p> <p>Ecologia</p>	<p>Domínios: Bactéria, Archaea e Eukarya.</p> <p>Problemas ambientais e seus impactos na saúde.</p> <p>Poluição atmosférica e contaminação.</p> <p>Bioindicadores, controle biológico; biorremediação</p>	<p>4 - CIÊNCIA, SOCIEDADE E AMBIENTE</p> <p>*Etapas da produção de etanol:</p> <p>*Biodiversidade: ecossistemas - descrição superficial dos grupos de seres vivos.</p> <p>*Impactos ambientais: queimadas e desmatamento; saneamento básico, ambiente e saúde</p>
Origem e evolução da vida	Origem da vida e a vida primitiva	<p>5 – ORIGENS</p> <p>*Abiogênese e biogênese;</p> <p>*Os experimentos de Redi e Pasteur;</p> <p>*As hipóteses de Oparin e Haldane;</p>

Fonte: A autora.

O volume intitulado MOVIMENTOS E EQUILÍBRIO DA NATUREZA, que integra a coleção de livros utilizados na área de CNT, não consta no quadro acima por não contemplar conteúdos referentes à Microbiologia Ambiental.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conteúdos de Microbiologia Ambiental, para o Novo Ensino Médio (NEM), são apresentados nos documentos norteadores da Rede Pública de Ensino do Estado do Paraná, na BNCC, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Esta área contempla 3 competências específicas, que se organizam em habilidades. De forma ampla e abrangente estas competências e habilidades, alcançam os objetivos preconizados no componente curricular de Biologia.

Assim como em todos os estados, o Estado do Paraná, organiza o Currículo para o Ensino Médio, baseando-se nas competências e habilidades da BNCC, adaptando os objetivos de aprendizagem e as possibilidades de conteúdo de acordo com a realidade de cada estado. O rol de conteúdos sugeridos pelo currículo é organizado e dividido nos 3 anos que seguem o ensino médio.

O componente curricular de Biologia apresenta as Unidades Temáticas que se dividem em 4 temas distintos. Estas unidades apresentam a relação das sugestões de conteúdo a serem abordados. Dentre estes conteúdos elencados, encontram-se temas que abordam de forma implícita e muito simplista a Microbiologia Ambiental. Como a classificação, as características básicas dos microrganismos, citando a reprodução, a morfologia e a fisiologia de forma muito abrangente. Aborda também a aplicabilidade dos microrganismos, como bioindicadores e biorremediadores, no controle biológico, na biotecnologia dentro da engenharia genética, a função dos microrganismos nas cadeias alimentares e nos ciclos biogeoquímicos.

Quando uma pessoa fala em micróbio ou microrganismo, sempre relaciona o assunto à doenças ou também ao ataque destes microrganismos, à matéria orgânica exposta no ambiente, causando a sua decomposição.

Por isso, essa pesquisa é motivada pelo fato da necessidade de aproximação do estudante do ensino médio com o mundo da microbiologia, dando suporte para a construção e a transformação de um conhecimento empírico para um conhecimento epistêmico, desconstruindo a ideia de que os microrganismos são sempre patogênicos.

O conteúdo da microbiologia é sempre um desafio, por ser tão abstrato e principalmente quando há falta de equipamentos como um microscópio, que auxilie a compreensão, tornando mais fácil o processo de ensino- aprendizagem, com este

tema tão relevante.

A BNCC tem como um dos grandes objetivos o desenvolvimento integral do estudante, levando-o a desenvolver capacidades de fazer as mudanças no seu ambiente.

As coleções de livros didáticos de Biologia analisadas, não apontam os conteúdos de Microbiologia no campo das Ciências Ambientais como conteúdos relevantes para serem trabalhados como conteúdos escolares de forma formal, efetiva, pois, não dão conta da sua importância, deixando lacunas e falhas na construção de um saber científico dos estudantes.

O livro didático escolhido para ser utilizado pelos estudantes deve ser analisado de forma criteriosa e que apresente os conteúdos com profundidade, que tragam um conhecimento efetivo e estejam relacionados com o mundo ambiental. O material de apoio escolhido para ser utilizado pela área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias neste triênio, não contempla, de forma completa, todos os conteúdos sugeridos pelo Currículo do Estado do Paraná, sendo que o professor precisa buscar em outras fontes de pesquisa para complementar e preencher todos os objetivos propostos.

Portanto, como o livro didático para muitos estudantes, ainda é uma das únicas fontes de pesquisa, ele deve apresentar-se de forma que supra a maior parte dos conteúdos propostos pelo currículo, uma vez que o estado fornece o material para o estudante.

Dessa forma a temática é complexa e não se esgota nesta pesquisa, a muito que se avançar em estudos para alcançar um ensino de qualidade em nosso país.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. A. M. **Isolamento e seleção de leveduras para produção de enzimas de interesse industrial a partir de frutos do cerrado**. 2015. 67 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Área de concentração: Biotecnologia Aplicada à Saúde, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande.

Assembleia Mundial da Saúde, 71. (2018). **Saúde, meio ambiente e mudança climática: relatório do Diretor-Geral. Organização Mundial de Saúde**. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/276332>

BARBOSA, F. H. F. BARBOSA, L. P. J. L. **Alternativas metodológicas em Microbiologia: viabilizando atividades práticas**. Revista de Biologia e Ciências da Terra, Campina Grande, v. 10, p. 134-143, 2010.

BIOLOGIANET. **Fermentação: Como ocorre a fermentação**. Disponível em: <https://www.biologianet.com/biologia-celular/fermentacao.htm> acesso em 16/08/2023.

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

BRASIL. **Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria de Educação Básica**. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 239 p. (Orientações curriculares para o ensino médio; volume 1)

CADERNOS DE ITINERÁRIOS FORMATIVOS DO NOVO ENSINO MÉDIO - PARANÁ - 2023.

CAMPOS, Dr. Mario Julio Avila, **Introdução à Microbiologia**, USP, 2016.

CARDOSO, Elke Jurandy Bran Nogueira; ANDREOTE, Fernando Dini - **Microbiologia do Solo**, Editora: ESALQ; Piracicaba, 2016.

CATARINO, Sofia Raquel Madalena, **Biorremediação**. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/41900/2/Monografia%203.pdf>. Acesso em: 19/07/2021.

CISTIA, Camilo Del, **Microbiologia Básica- 1ª Edição** - SESES - Rio de Janeiro, 2015.

COM CIÊNCIA- Revista Eletrônica do Jornalismo Científico - 22 de junho de 2018.

**Microrganismos são alternativa sustentável para recuperação de áreas contaminadas** - Luanne Caires. Disponível em:

<https://www.comciencia.br/microrganismos-sao-alternativa-sustentavel-para-recuperacao-de-areas-contaminadas/> acesso em: 22/08/2022.

GODOY, Leandro; AGNOLO Rosana Maria Dell'; MELO Wolney C., **Multiversos:**

**Ciências da Natureza - Ensino Médio - 1ª ed. - São Paulo: Editora FTD, 2020.**

JACOBUSI, F.C.D. e JACOBUSI, B, G. (2009). **Abrindo o tubo de ensaio: o que sabemos sobre a pesquisa em divulgação científica e o ensino de microbiologia no Brasil?** JCOM 8(02), A02. <https://doi.org/10.22323/2.08020202>

GONÇALVES, M.A.P. **Microbiota: implicações na imunidade e no metabolismo**- Universidade Fernando Pessoa - Porto - 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10284/4516> acesso em: 10/7/2022

KIMURA, Angela Hitomi et al. **Microbiologia para o ensino médio e técnico: contribuição da extensão ao ensino e aplicação da ciência.** Revista Conexão UEPG, Londrina – PR, v. 9, n. 2, p. 254-267, 2013.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia.** 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

LIMBERGER, K. M.; SILVA, R. M.; ROSITO, B. A. **Investigando a contribuição de atividades experimentais nas concepções sobre Microbiologia de alunos do Ensino Fundamental.** In: X SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, PUC-RS. Porto Alegre, 2009.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; DUNLAP, P. V.; CLARK; D.P. **Microbiologia de Brock.** 12ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M., PARKER, J. **Microbiologia de Brock.** 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004. 608p.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; DUNLAP, P. V.; CLARK; D.P. **Microbiologia de Brock** – 14. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2016.

MAGALHÃES, H. **Agricultura nas mãos de microrganismos benéficos.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/51405622/agricultura-nas-maos-de-microrganismos-beneficos>. Acesso em: 04 abril 2023.

MORESCO, T. R.; ROCHA, J. B. T.; BARBOSA, N. B. V. **Ensino de Microbiologia e experimentação no Ensino Fundamental.** Revista Contexto & Educação, v. 32, nº 103, p. 165, 1 dez. 2017.

NASCIMENTO, ELAINE CRISTINA RODRIGUES DO. **Microalgas: agentes naturais no processo de floculação e conhecimento de alunos sobre seu uso.** Natal, 2019.

NETO, Pedro Agnel Dias Miranda; SANTANA, Hortência Biatriz de Melo - Instituição: Faculdade Pitágoras Curso de Biomedicina.

**Aplicabilidade do Ensino de Microbiologia para Ciências da Saúde** - disponível em: [http://www.rbac.org.br/artigos/aplicabilidade-do-ensino-de-microbiologia-para-ciencias-da-saude/#:~:text=A%20microbiologia%20m%C3%A9dica%20ou%20cl%C3%ADnica,\(Microbiologia%20Animal%20ou%20Veterin%C3%A1ria\)](http://www.rbac.org.br/artigos/aplicabilidade-do-ensino-de-microbiologia-para-ciencias-da-saude/#:~:text=A%20microbiologia%20m%C3%A9dica%20ou%20cl%C3%ADnica,(Microbiologia%20Animal%20ou%20Veterin%C3%A1ria)). Acesso em: 15/09/2022.

NOGUEIRA, Alexandre Verzani; FILHO, Germano Nunes Silva; **Microbiologia**, Florianópolis, Biologia/EaD/UFSC, 2015.

OLIVEIRA, Pamela Beatriz Lima de; MORBECK, Lorena Lobo Brito - Id On line Rev. Mult. Psic, Vol. 13, Nº 45, p.450-461 - ISSN 1981-1179 - UFBA- Vitória da Conquista - Bahia- Brasil

PARANÁ. **Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná**. Secretaria de Estado da Educação e do Esporte. – Curitiba: SEED/PR., 2021. Vol.1.

PARANÁ. **Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná**. Secretaria de Estado da Educação e do Esporte. – Curitiba: SEED/PR., 2021. Vol.2.

PERRELI, M. A. S.; LIMA, A. A.; BELMAR, C. C. **Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**. Revista Série - Estudos, n. 35, p. 241-261, Campo Grande, 2013.

PUGLIESE, G.O.; **#Novo Ensino Médio: Projetos Integradores: Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, volume único, - 1ª ed. - São Paulo: Ed. Scipione, 2020.

SALAMONE, Inês Eugênia Garcia de. **Microbiologia, bioeconomia e metas de desenvolvimento sustentável**. Revista argentina microbiologia. Cidade Autônoma de Buenos Aires, v. 54, nº. 2 P. 131-140, jun. 2022.

SCHENBERG, A.C.G., Biotecnologia e Desenvolvimento Sustentável - Estudos Avançados 24(70), 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3RNnxCZQTVWPQZ5kYYnKp6C/?format=pdf&lang=pt>

acesso em:05/03/2023.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do trabalho científico**. 23 ed. São Paulo: Editora Cortez, 2007.

SOUZA,A.F.; ROSADO,F.R. **Utilização de fungos basidiomicetos em biodegradação de efluentes têxteis** Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.2, n.1, p. 121-139, jan./abr. 2009 - ISSN 1981-9951. Disponível: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/777> Acesso em: 01/06/2022

Souza, LC de, Silva, TO da, Pinheiro, AR da S., & Santos, F. da S. dos. (2021). **SARS-CoV, MERS-CoV e SARS-CoV-2: uma revisão narrativa dos principais Coronavírus do século / SARS-CoV, MERS-CoV e SARS-CoV-2: uma revisão narrativa dos principais Coronavírus do século**. *Brazilian Journal of Health Review* , 4 (1), 1419–1439. <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n1-120>

TORTORA, Gerard J., FUNKE, Berdell R., CASE, Christine L. **Microbiologia**, 12ª edição, Editora Artmed, Porto Alegre, 2017.

VILARINHO, L.R.G.; SILVA, J.S.N. **A Avaliação do Livro Didático como Instrumento de Afirmação da Autonomia da Escola e de seus Docentes - Meta: Avaliação** | Rio de Janeiro, v. 7, n. 21, p. 403-428, set./dez. 2015



VILAS BOAS, R. C.; MOREIRA, F.M.S. R. Bras. Ci. **Solo**, 36:295-306, 2012

WELKER, C. A. D. **O estudo de bactérias e protistas no ensino médio: uma abordagem menos convencional. In: Experiências em Ensino de Ciências. V. 2, no 2, p. 69-75. Porto Alegre: 2007.**