

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIODIVERSIDADE, EVOLUÇÃO E MEIO AMBIENTE

IASMIN ISLÂNIA DOMINGOS

**BACTÉRIAS MULTIRRESISTENTES EM UMA ABORDAGEM DA TEMÁTICA  
POR MEIO DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

Ouro Preto  
2023

IASMIN ISLÂNIA DOMINGOS

**BACTÉRIAS MULTIRRESISTENTES EM UMA ABORDAGEM DA TEMÁTICA  
POR MEIO DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – Departamento de Ciências Biológicas – da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de Biologia Licenciatura.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Camila Carrião Machado Garcia

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Rodrigues e Silva

Área de Concentração: Ensino de Ciências

Ouro Preto  
2023

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

D671b Domingos, lasmin Islania.

Bactérias multirresistentes em uma abordagem da temática por meio do ensino por investigação. [manuscrito] / lasmin Islania Domingos. - 2023.

81 f.: il.: color..

Orientadora: Profa. Dra. Camila Carrião Machado Garcia.

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Rodrigues e Silva.

Monografia (Licenciatura). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Ciências Biológicas .

1. Bactérias. 2. Educação básica. 3. Microbiologia. I. Garcia, Camila Carrião Machado. II. Silva, Fábio Augusto Rodrigues e. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 579

Bibliotecário(a) Responsável: Luciana De Oliveira - SIAPE: 1.937.800



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Iasmin Islânia Domingos**

### **BACTÉRIAS MULTIRRESISTENTES EM UMA ABORDAGEM DA TEMÁTICA POR MEIO DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Biologia Licenciatura

Aprovada em 21 de março de 2023

#### **Membros da banca**

Dra Camila Carrião Machado Garcia - Orientadora- Departamento de Ciências Biológicas , Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto  
Dr Fábio Augusto Rodrigues e Silva - Co orientador - Departamento de Biodiversidade , Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto  
Dra Silvana de Querosz Silva - Departamento de Ciências Biológicas , Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto  
Dr Leandro Márcio Moreira - Departamento de Ciências Biológicas , Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto

Dra Camila Carrião Machado Garcia, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 03/04/2023



Documento assinado eletronicamente por **Camila Carriao Machado Garcia, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/04/2023, às 11:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0503039** e o código CRC **6E35A181**.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que em sua infinita graça me proporcionou força em todos os momentos, sem Ele nada disso teria sentido, a Ele honra, glória e louvor.

Sou grata a minha avó Dolvina, tão presente em minha vida, por ser pilar de oração e abraço tão aconchegante na chegada e na saída.

Minha gratidão aos meus pais Maria Davi de Jesus e Enderson Domingos, por não medirem esforços na minha formação e sempre me incentivarem e acreditarem no meu potencial. Muito obrigada pelo apoio em todo o tempo.

Agradeço ao meu irmão Flávio, por sua amizade e companheirismo ao longo da vida. Quero agradecer também a todos meus familiares, que mesmo de longe torceram pelo meu sucesso acadêmico.

Ao meu parceiro de caminhada Felipe, obrigada por ser casa em todos os momentos, por todos os doces e conversas compartilhados após o RU e as palavras de incentivo nas horas em que eu estava desacreditada e que mais precisei.

Meus agradecimentos aos amigos que Ouro Preto me deu: à Hipsia por ser definitivamente a melhor colega de quarto que eu poderia ter, e por compartilhar comigo as delícias e melancolias da graduação; ao Matheus, que veio de longe e em pouco tempo já se tornou um grande amigo; Sou extremamente grata também à Aliança Bíblica Universitária (ABU), que foi suporte espiritual na graduação e por todas as pessoas incríveis que o movimento me permitiu conhecer; aos meus colegas de curso pela troca de experiências e pela cooperação mútua ao longo desses anos. Agradeço em especial ao grupo Nata da nata, Isabela, Júlia, Roberta, Douglas, João, Carlieze, e Renan, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, obrigada pelo companheirismo e aprendizados compartilhados; agradeço também à Lorrana, Camila Carrião e aos colegas do LabDNA que me proporcionaram crescer tanto profissionalmente.

A todos os meus amigos de Contagem, meu muito obrigado pelo apoio e todos os momentos de conversas e de jogos de tabuleiro compartilhados.

Sou grata pela confiança depositada na minha proposta de projeto pelos meus professores orientadores Camila Carrião e Fábio Silva, obrigado por me manter motivada durante todo o processo.

Quero agradecer também à Universidade Federal de Ouro Preto e todo seu corpo docente, em especial aos professores Cristina Maia, Uyra Zama, Fábio Silva e André Talvani, por serem inspiração na profissão.

Por último, agradeço a todos com quem convivi ao longo do curso e contribuíram de algum modo em minha formação, e na construção desse trabalho.

*“É um caminho incerto, não o caminho errado.  
Eu, caminhante, quero o trajeto terminado.  
Mas no caminho, mais importa o durante...”*

*Estevão Queiroga.*

## RESUMO

Em condições naturais os microrganismos tendem a ser selecionados de acordo com as suas respostas adaptativas frente às mudanças ambientais. Nesse contexto, a utilização indiscriminada dos antimicrobianos torna-se um importante mecanismo de pressão seletiva responsável pelo surgimento das bactérias multirresistentes. Este trabalho teve como objetivo a produção de um material didático, desenvolvido na perspectiva de um ensino por investigação, abordando as bactérias multirresistentes e os mecanismos bioquímicos relacionados à sua resistência. Para isso, foi estabelecida, por meio de uma pesquisa bibliográfica, a coletânea de informações tidas como primordiais para compreensão da temática e a estruturação do caderno temático foi feita na plataforma digital de *design* gráfico Canva. Mediante a análise do produto educacional proposto, foi possível averiguar o potencial deste para o ensino de microbiologia no ciclo da educação básica, com potenciais de aplicação no ensino fundamental e médio. Ademais, ao contextualizar a problemática das bactérias multirresistentes na sociedade, foi apresentado o potencial do material gerado para auxiliar no processo de alfabetização científica por meio do ensino investigativo.

**Palavras chave:** Bactérias multirresistentes; superbactérias; microbiologia; caderno temático; ensino por investigação; ensino de microbiologia.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Questão 1- módulo 1 (pág.8) .....	32
<b>Figura 2:</b> Questão 1- módulo 2 (pág. 15) .....	32
<b>Figura 3:</b> Questão 2- módulo 1 (pág. 12) .....	33
<b>Figura 4:</b> Questão 1 e 2- módulo 3 (pág. 20) .....	33
<b>Figura 5:</b> Questão 1 e 2- módulo 5 (pag. 28) .....	34
<b>Figura 6:</b> Questão 3- módulo 6 (pág. 33) .....	34
<b>Figura 7:</b> Exemplo de imagem utilizadas no CT (esquema produzidos para elucidar os mecanismos de ação dos antibióticos .....	36
<b>Figura 8:</b> Exemplo de imagem utilizadas no CT (esquema produzido para elucidar os mecanismos de resistência bacteriana .....	37
<b>Figura 9:</b> Capa do Caderno temático exemplificando o viés mais lúdico do design do CT. ..	37

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

OMS- Organização Mundial da Saúde

RAM- Resistência antimicrobiana

PNE- Plano Nacional de Educação

CTS- Ciência, tecnologia e sociedade

CTSA- Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente

CT- Caderno temático

TDC- Textos de divulgação científica

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
2.1. Resistência antimicrobiana e as bactérias multirresistentes ou superbactérias .....	12
2.2. A Microbiologia como ciência e a importância do seu Ensino .....	15
2.3. A perspectiva do ensino por investigação e práticas epistêmicas de problematização .....	18
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	23
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	25
4.1. Objetivo geral .....	25
4.2. Objetivos específicos:.....	25
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	26
5.1. Caderno Temático (CT).....	26
<b>6. O PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	28
<b>7. ANÁLISE DO PRODUTO EDUCACIONAL: POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE MICROBIOLOGIA</b> .....	30
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES</b> .....	40
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	42
<b>10. APÊNDICE</b> .....	48
10.1. Caderno temático (CT) .....	48

## 1. INTRODUÇÃO

A microbiologia se dedica ao estudo de bactérias, fungos, vírus e protozoários, associando o papel desses microrganismos no planeta, bem como a sua presença em diversos locais e ambientes. No que concerne à ubiquidade dos microrganismos, evidencia-se a necessária abordagem dessa temática na sociedade, principalmente em ambientes educacionais, abrangendo questões de higiene, meio ambiente, produção de alimentos, biotecnologia e o tratamento e prevenção de doenças emergentes (MORESCO, et al, 2017).

Os microrganismos (bactérias, vírus, fungos e protozoários) fazem parte do nosso cotidiano e, segundo os interesses humanos estão divididos entre os que são considerados benéficos, e os que são considerados maléficos, ou patogênicos. Por consequência da existência dos microrganismos patogênicos, a humanidade desenvolveu os antimicrobianos que são substâncias utilizadas para prevenir e tratar as infecções microbianas.

Levando em consideração que esses microrganismos são seres microscópicos, e na maioria das vezes invisíveis a olho nu, o estudo desse assunto pode se tornar um tanto quanto abstrato para os alunos. Para lidar com essa dificuldade, uma abordagem lúdica e mais investigativa dos conteúdos da microbiologia pode ser um estímulo para o processo de ensino-aprendizagem. O atributo lúdico no ensino de microbiologia relaciona-se à promoção de um aprendizado mais estimulante, além de representar um elemento que contribui para uma conexão entre o conhecimento e o cotidiano do aluno (PAIXÃO et al, 2017). Já o viés investigativo, para o estudo das Ciências, direciona para uma aprendizagem mais dialógica entre aluno, conteúdo e professor (SOUTO et al, 2015).

Além disso, as atividades investigativas podem ser relevantes ao ensino de Ciências para auxiliar os estudantes no desenvolvimento da capacidade de observar, interpretar, formular hipóteses e fazer previsões e inferências, tornando-os mais ativos no seu processo de construção do conhecimento. Por meio dessa metodologia de desenvolvimento das atividades investigativas, pode-se promover o aprimoramento da capacidade de raciocínio dos alunos, e ainda os conduzir a uma compreensão da natureza do trabalho científico (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Considerando o exposto, é necessário o desenvolvimento de metodologias alternativas, que auxiliem o professor na elaboração de planos de ensino que se aproximem do cotidiano dos alunos, e os envolva de forma ativa na construção do conhecimento (CÂNDIDO et al, 2015; OLIVEIRA; MORBECK, 2019). Metodologias alternativas estas que compreendem aulas práticas, a utilização e confecção de modelos didáticos, elaboração e o uso jogos e o uso

de apostilas e atividades de pesquisa (OLIVEIRA; MORBECK, 2019). Ademais, é importante que os trabalhos de pesquisa e divulgação científica estejam acessíveis a todos, integrando também uma linguagem de fácil compreensão para os diferentes públicos, compreendendo materiais de apoio pedagógico ao docente.

Desse modo, este trabalho tem como objetivo a produção de um material didático que se assemelha a uma Unidade Temática, denominado aqui de Caderno Temático (CT)<sup>1</sup>. A produção desse tipo de produto educacional visa a uma formação integral do futuro docente com intuito de envolvê-lo na análise e produção de materiais didáticos, que sejam associados aos diversos contextos escolares (SANTOS, 2007).

Concebendo-se, que o processo de produção de um material didático é proveitoso para formar docentes mais autônomos, que de forma natural disponham de um processo reflexivo como prática corriqueira da sua atuação, fugindo ao ensino tradicional (FONSECA; BORGES, 1999). Aspira-se na formação de professores a prática de produção de materiais didáticos, de modo que os profissionais formados tenham flexibilidade para se adaptar aos diferentes contextos educacionais, propiciando aos seus alunos a participação em sua própria aprendizagem (FARIAS; PROCHNOW, 2010).

Portanto, busca-se nesse Trabalho de Conclusão de Curso a concepção de um material que se caracteriza como uma ferramenta de transposição didática, vista por Chevallard (2013) como um processo de transição de determinado conhecimento prático para um conhecimento que possa ser ensinado e aprendido. Abordando, mediante uma perspectiva investigativa e lúdica, as bactérias multirresistentes e os complexos mecanismos bioquímicos relacionados à sua resistência.

O referencial teórico deste projeto baseia-se em autores que pesquisam sobre o ensino de ciências e sua formação para cidadania, como Santos (2006) e Pinhão e Martins (2016). Fundamenta-se também, em autores que abordam o ensino de microbiologia e suas limitações no contexto do ensino básico, como Kimura e colaboradores (2013) e Merazzi e Oiagen (2008). Além disso, embasa-se o referencial em autores de livros clássicos da área da microbiologia como Tortora e Funke (2017) e Madigan e colaboradores (2016). No âmbito da perspectiva de um ensino por investigação voltado para a problematização, o referencial deste trabalho baseou-se principalmente em autores dessa linha de pesquisa como Zômpero e Laburú (2011) e Sasseron (2015).

---

<sup>1</sup> Para evitar o termo Unidade Temática, que é utilizado para estruturar o currículo proposto na Base Curricular Nacional (BNCC).

Desse modo, seguidamente a esta introdução, apresenta-se a fundamentação teórica sobre a temática, apontando os conceitos que embasam esse trabalho. A proposta então se orienta de acordo com as seguintes seções: seção 2, que apresentará o referencial teórico; seção 3, que apresentará a justificativa para embasamento da pesquisa; seção 4, que apresentará os objetivos; seção 5, que discorrerá sobre a metodologia utilizada neste trabalho; seção 6, que apresentará o produto educacional proposto; seção 7 que compreenderá a análise do produto educacional; finalizando com a seção 8, que apresentará as considerações finais e implicações deste trabalho.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Resistência antimicrobiana e as bactérias multirresistentes ou superbactérias**

Desde a antiguidade, as infecções causadas por microrganismos patogênicos representam um risco à saúde das pessoas, animais e plantas, e diferentes substâncias foram empregadas no seu combate. Consequentemente, com o desenvolvimento da medicina e das tecnologias farmacológicas, substâncias mais eficazes foram criadas, e foram fundamentais para diminuir o risco letal de algumas doenças. Nesse contexto, surgem os antimicrobianos, que são medicamentos utilizados no tratamento das infecções causadas por microrganismos (bactérias, fungos, vírus e protozoários), agrupados em antibióticos, antivirais, antifúngicos e antiparasitários (O'NEILL, 2016; OMS, 2021a).

A criação dos antimicrobianos representa um marco na história da humanidade, abrindo portas para sua ampla utilização na prevenção e tratamento de doenças, que antes eram letais. É possível citar como exemplo a descoberta do antibiótico penicilina, por Alexander Fleming em 1929, que foi muito utilizada no tratamento de infecções bacterianas no contexto da Segunda Guerra Mundial (MACHADO *et.al*, 2019). Após esse fato marcante, novos antimicrobianos continuaram a ser desenvolvidos e outras classes de antibióticos foram isolados a partir de fungos ou bactérias (MACHADO *et al*, 2019).

Contudo, desde 1940 já são relatados casos em que podem ser observadas diferentes níveis de sensibilidade das bactérias à ação dos antimicrobianos, com a evidenciação de cepas não sensíveis, consideradas resistentes (SENGUPTA; CHATTOPADHYAY; GROSSART, 2013; MACHADO *et al*, 2019). A resistência antimicrobiana (RAM) pode ser definida como a mutabilidade dos microrganismos de modo que a ação dos medicamentos não os mata ou não interrompe seu crescimento (O'NEILL, 2016; OMS, 2021a). Assim, as cepas com

características que as tornam resistentes à ação de determinado medicamento podem sobreviver e rapidamente se espalhar (O'NEILL, 2016).

Importante ressaltar, que a RAM é um processo natural que ocorre desde antes da produção dos fármacos antimicrobianos por cientistas. Os registros dos primeiros genes de resistência de bactérias advindos de mutações gênicas datam de milhões de anos (O'NEILL, 2016; OMS, 2021a), relacionados à uma resistência intrínseca. No entanto, também cabe destacar que esse processo pode ser acelerado por uma pressão evolutiva seletiva, como o uso indiscriminado de determinados fármacos, estando associado ao processo de resistência estimulada. Não obstante, desde a criação dos antimicrobianos mais populares, como os antibióticos, os especialistas na área de doenças infecciosas alertam sobre o possível processo de resistência e suas consequências (PODOLSKY *et.al*, 2015).

Alexander Fleming já relatava que o abuso no uso da penicilina poderia criar uma era em que haveria microrganismos, antes expostos a doses não letais, que seriam resistentes a este composto. Essas cepas com genes de resistência poderiam facilmente se espalhar na população, de tal forma que um indivíduo afetado por uma enfermidade causada por esse microrganismo não poderia ser tratado com a penicilina, correndo risco de vida (BARTLETT; GILBERT; SPELLBERG, 2013; HONIGSBAUM, 2018). Atualmente, anos após a declaração de Fleming, a realidade em relação aos organismos resistentes representa um sério problema de saúde mundial (OMS, 2021a).

No cenário da RAM, uma das maiores preocupações da OMS (2021) é o surgimento das bactérias multirresistentes ou superbactérias, que são consideradas bactérias que possuem o acúmulo de genes de resistência e desse modo, as infecções causadas por estes microrganismos não são facilmente tratadas pelos medicamentos convencionais (O'NEILL, 2016).

Uma análise histórica, no que se refere à preocupação global acerca das bactérias multirresistentes revela que, ao final da década de 1950, a OMS já se organizava com o intuito de reduzir o uso indiscriminado dos antibióticos, especialmente em países que esses medicamentos eram facilmente comprados pela população (PODOLSKY *et.al*, 2015). Entretanto, somente em 2014, foi disponibilizado um relatório de vigilância da resistência, que tinha por objetivo demonstrar o quadro geral sobre a magnitude da RAM no mundo, com foco na resistência de bactérias. O relatório foi extremamente relevante, visto que levava em consideração que até aquele momento pouco havia sido elucidado na literatura no que concerne à temática, compreendendo também que essa estimativa era fundamental para formular políticas coordenadas de combate à RAM (OMS, 2014).

Esse relatório foi utilizado como base para um novo documento apresentado pela OMS em 2015, e que é referente ao plano de ação global no enfrentamento da RAM. Esse plano visa a uma atuação conjunta mundial para garantir a continuidade na eficácia do tratamento das doenças infecciosas, considerando a qualidade dos medicamentos utilizados. Foram estabelecidos cinco objetivos principais que têm por intuito fortalecer o conhecimento sobre a RAM, bem como a conscientização da população acerca do problema enfrentado pelo mundo. Os objetivos são: a) melhorar a conscientização e compreensão da RAM; b) fortalecer o conhecimento por meio da vigilância e da pesquisa; c) reduzir a incidência de infecção, por meio das medidas de profilaxia; d) otimizar o uso de agentes antimicrobianos; e) garantir investimentos sustentáveis no combate à RAM, com esforços voltados a criação de novos medicamentos (OMS, 2015).

A preocupação principal associada à RAM relaciona-se especialmente com a rápida disseminação dos microrganismos resistentes, e o fato de que as consequências desse problema são muitas, afetando outros setores da sociedade para além do setor da saúde, como o setor econômico. Entre as consequências, é possível citar o aumento de casos das doenças prolongadas, acréscimo no tempo de estada nos hospitais, crescimento nas taxas de mortalidade por infecções antes facilmente tratadas, além do aumento no custo do tratamento das doenças infecciosas. Para mais, há também prejuízos consideráveis na produtividade econômica ocasionadas pelas enfermidades prolongadas em humanos e animais (MENDELSON; MATSOSO, 2015).

Ademais, a complexidade da RAM envolve perdas irreparáveis nos avanços já obtidos no combate às doenças infecciosas preocupantes, como pneumonia, tuberculose, malária e até HIV. Fato estimado pelo número crescente de mortes em decorrência das infecções bacterianas de cepas resistentes aos tratamentos convencionais (O'NEILL, 2016). Similarmente, também abrange danos no cenário de risco de infecções oportunistas em casos de procedimentos cirúrgicos e no tratamento do câncer (O'NEILL, 2016).

Por conta disso, desde 2015 a OMS destaca que o plano de ação global deve ser utilizado como aporte para que todos os países criem seus próprios planos, considerando as realidades particulares (OMS, 2015). Os esforços têm sido direcionados buscando a constante vigilância da situação mundial, como também o incentivo ao investimento na descoberta e desenvolvimento de novos antimicrobianos, principalmente novos antibióticos.

Assim, nos últimos anos as políticas públicas da OMS têm sido direcionadas com a finalidade de aperfeiçoar os métodos de vigilância da RAM, com destaque para a resistência de bactérias. No ano de 2017, a OMS publicou uma lista que trazia as 12 famílias de bactérias



consideradas como multirresistentes, ou superbactérias. Essa lista foi traçada com o objetivo de conduzir o desenvolvimento de novos antibióticos de combate a esses organismos, que representam um risco à saúde mundial (OPAS, 2017)<sup>2</sup>.

Portanto, compreende-se então, que o constante alerta da ameaça dos organismos resistentes, em especial as superbactérias, exige uma ação mundial conjunta de entendimento da dinâmica desses organismos, bem como o desenvolvimento de tratamentos mais eficazes para lidar com as infecções por estes causadas. Atentando-se à iminência da RAM e a notável influência da ação humana, tanto no sentido causador como no âmbito de ser o agente que luta contra esse problema, se torna significativo ponderar acerca do ensino dessa temática. Visto que, uma das ações principais adotadas pela OMS é a conscientização da população, no que diz respeito ao incontestável problema enfrentado pelo mundo.

## 2.2. A Microbiologia como ciência e a importância do seu Ensino

Demonstra-se a presença dos microrganismos há bilhões de anos constituindo a maior parte da biomassa da Terra, e realizando reações metabólicas elementares para a vida (MADIGAN *et al*, 2016). Apesar dos microrganismos estarem presentes no planeta desde seus primórdios e serem fundamentais para o surgimento da vida, o estudo desses seres microscópicos só foi possível a partir da criação dos rudimentares microscópios, que permitiram a sua visualização.

Nesse processo, têm-se como destaque o matemático e historiador natural inglês Robert Hooke (1635-1703), que deu início à teoria celular ao observar e declarar que a vida era composta por “pequenas caixas”, que hoje são conhecidas como células (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017; MADIGAN *et al*, 2016). Outro marco importante se relaciona ao comerciante holandês e cientista amador Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723), que foi o primeiro a visualizar microrganismos vivos. Por meio de equipamentos ópticos construídos por ele, identificou “pequenos animálculos”, que pelo reconhecimento dos desenhos registrados pode-se dizer que se tratavam de bactérias e protozoários (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017; MADIGAN *et al*, 2016).

Entre o final do século XIX e início do século XX, os avanços dos estudos tornaram o período conhecido como Idade de Ouro da Microbiologia, em que as contribuições dos microbiologistas levaram ao estabelecimento dessa área como um ramo da Ciência

---

<sup>2</sup> No ano de 2021, a OMS divulgou uma atualização do documento de vigilância da RAM, com foco no apoio e estímulo ao desenvolvimento das políticas dos países e o recolhimento de dados da resistência no mundo (OMS, 2021b).

(TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). O aperfeiçoamento das ferramentas de pesquisa e evolução na técnica de microscopia propiciaram um maior entendimento da dinâmica dos microrganismos no solo e água, assim como a compressão de suas atividades químicas e a influência dos agentes patológicos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017; MADIGAN *et al*, 2016).

Nos dias atuais, uma maior compreensão sobre os agentes patógenos permitiu os avanços na forma como a sociedade lida com as infecções por eles causadas, com a criação de vacinas e medicamentos. Além disso, a microbiologia hoje possui bases fundamentadas, e novos ramos de estudo têm surgido como forma de aproveitar o potencial dos microrganismos na solução de problemas na medicina, agricultura e meio ambiente, podendo citar como exemplo as modernas práticas da tecnologia do DNA recombinante (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017; MADIGAN *et al*, 2016).

Nesse contexto, a microbiologia, como um ramo da ciência que estuda os microrganismos, pode ser diretamente relacionada de forma basilar às questões de cidadania envolvendo aspectos da saúde humana, alimentos, energia, agricultura e meio ambiente, entre outros (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017; MADIGAN *et al*, 2016). Consequentemente, o ensino de microbiologia não mais se restringe ao ensino superior e faz parte da educação básica, como um dos conhecimentos essenciais para a formação para a cidadania (DO PRADO; TEODORO; KHOURI, 2004). Fato que encontra respaldo no Plano Nacional de Educação (PNE)<sup>3</sup>, que estabelece como uma de suas diretrizes a “formação para o trabalho e para a cidadania, com ênfase nos valores morais e éticos em que se fundamenta a sociedade” (BRASIL, 2014).

A compreensão do ensino de ciências passa por transformações, que são mediadas pelas mudanças nas perspectivas e propósitos políticos da sociedade (PINHÃO; MARTINS, 2016). Concebendo-se a Ciência, e consequentemente o ensino de microbiologia, como um importante eixo estruturador da sociedade, e seu ensino na educação básica como imprescindível para o desenvolvimento do corpo social. Em razão disso, atualmente o ensino de ciências se preocupa com a abordagem de uma aprendizagem voltada a estimular nos estudantes o entendimento da dinâmica da natureza e do método científico, visando sempre à formação de cidadãos integrados.

Na história do ensino de ciências, até os anos 60, esta era vista como neutra e a aprendizagem era mediada com base na quantidade de conteúdos conceituais transmitidos

---

<sup>3</sup> Plano Nacional de Educação (PNE): documento normativo que estabelece as metas e diretrizes para as políticas públicas no âmbito da educação.

(SANTOS, 2006). Deste modo, a educação científica era pautada no apreço ao conhecimento científico, e este caráter fica evidenciado no aumento da carga horária das disciplinas de ciências, bem como sua inserção nos anos iniciais do ensino fundamental (PINHÃO; MARTINS, 2016).

A partir da década de 70, surge uma corrente pedagógica de ensino denominada de “ciência, tecnologia e sociedade” (CTS)<sup>4</sup>, pela qual entende-se a direta relação entre estes elementos, e passa-se a compreender a importância do ensino desses componentes de forma incorporada. Já na década de 80 o aluno passou a ser o ator principal no processo de construção do conhecimento, enquanto as pesquisas direcionavam-se às diferentes correntes construtivistas (SANTOS, 2006). Na década de 90, a educação no Brasil democrático se direciona a uma formação voltada ao trabalho, vida social e cidadania, visando à estruturação de uma educação integrada e a universalização do acesso (PINHÃO; MARTINS, 2016).

Na atualidade, classifica-se o ensino de ciências como um amplo processo de socialização do indivíduo, de forma que a aprendizagem possa relacionar ciência, tecnologia e a sociedade. O professor apresenta uma contribuição, como aquele responsável por formar indivíduos que participarão das decisões sociais e o farão com base nos conhecimentos científicos adquiridos no ambiente escolar. Portanto, é significativo que este aluno em formação seja continuamente exposto a procedimentos de análise dos avanços da ciência e da tecnologia para estimular posturas críticas e reflexivas, situando-o no contexto mais amplo de ação na sociedade e cidadania (PINHÃO; MARTINS, 2016).

À vista disso, o entendimento do ensino de ciências é tido como um importante recurso de cooperação no desenvolvimento de aspectos como o senso de democracia e convívio social, favorecendo o avanço científico e tecnológico (SANTOS SANTANA; SEDANO, 2022). Portanto, a magnitude da ação do professor de ciências se dá de forma contextualizada aos avanços tecnológicos e sociais.

Assim, levando em consideração a relevância da microbiologia para a sociedade, o ensino dessa temática deve atentar-se às demandas e a vigência dos assuntos a serem tratados. Logo, compreende-se a proeminência em se examinar a forma como os alunos lidam com o ensino desse conteúdo e os fatores que influenciaram em sua aprendizagem.

De acordo com a teoria de David Ausubel (1963), os principais antecedentes para uma aprendizagem significativa envolvem os “conhecimentos prévios dos alunos, material

---

<sup>4</sup> Posteriormente foi adicionado à sigla CTS a letra A: CTSA, referente ao ambiente, de modo a evidenciar a questão ambiental, que ganhou destaque nas últimas décadas (SIQUEIRA *et al*, 2021).

instrucional potencialmente significativo e disposição do aluno para aprender” (AUSUBEL<sup>5</sup> *apud* AGRA *et al*, 2019, p. 251). Assim, em sua estrutura cognitiva o aluno realiza a conexão entre os novos conhecimentos adquiridos e os fundamentos prévios, destacando que só há sentido significativo quando se estabelece importância e relação com a sua vida cotidiana.

De igual modo, o ensino de microbiologia deve manter o foco no estabelecimento de uma relação com o cotidiano do aluno, para que este não veja os conteúdos escolares como algo muito distante da sua realidade, e sim como algo integrado ao que lhe é habitual. Os trabalhos de Kimura e colaboradores (2013) e Merazzi e Oiagen (2008) apontam a significância de um ensino de microbiologia contextualizado, uma vez que essa estratégia pode ser responsável por motivar o aluno a aprender, assim como é capaz de expor o valor, e a aplicação daquele aprendido.

Neste enquadramento, uma perspectiva do ensino da microbiologia pode envolver uma abordagem CTSA e utilizar de ferramentas do ensino investigativo. Tendo em vista, que uma proposta de ensino CTSA é significativa por promover uma aproximação da ciência com o cotidiano do aluno, para que se constitua uma relação direta entre as questões relacionadas à cidadania e as questões reais da sociedade (MARTINS; PAIXÃO, 2011). Dessa forma, esta é uma proposta de ensino diretamente associada ao processo de contextualização, necessário no ensino da microbiologia. Ao passo que a abordagem do ensino por investigação também constitui uma ferramenta oportuna no ensino de ciências e microbiologia, e será analisada no tópico a seguir.

### 2.3. A perspectiva do ensino por investigação e práticas epistêmicas de problematização

A perspectiva do ensino por investigação emerge de uma concepção de educação científica que visa à participação dos alunos na aprendizagem, com a finalidade de abandonar a ideia dos estudantes como agentes passivos na educação (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; SASSERON, 2015). Nesse sentido, é possível classificar o ensino por investigação como uma forma de alfabetização e letramento científico, visto que permite a aprendizagem de conceitos científicos de maneira crítica e reflexiva (SASSERON, 2015). Também é importante ressaltar que a alfabetização científica é caracterizada como um processo de ensino das Ciências voltado para inserir os alunos no contexto da cultura científica, a fim de que estes sejam capazes de empregar os conhecimentos científicos de tal forma que possa introduzi-lo nos diferentes cenários de sua vida (SASSERON; CARVALHO, 2011a).

---

<sup>5</sup> Ausubel, DP. The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune & Stratton; 1963. 255 p.

Assim como o ensino das Ciências, a abordagem de um ensino por investigação sofreu modificações com o passar dos anos, acompanhando as tendências políticas, econômicas e sociais (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). O conceito do ensino por investigação é fortemente influenciado pelas ideias do filósofo norte americano John Dewey, que considera que o aluno deve ser o responsável por propor questões que encontrem relação com problemas de relevância social. Isso permitirá que os estudantes desenvolvam habilidades para além do raciocínio, preparando-os para serem pensadores ativos, com o objetivo de formar pessoas capacitadas a buscar as respostas aos problemas sociais (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Ao estudar as diferentes abordagens do ensino por investigação, Zômpero e Laburú (2011) chegaram à conclusão de que não existe concordância entre os pesquisadores dessa linha de pensamento. Entretanto, entre os autores estudados um ponto de intersecção é identificado: em uma proposta de ensino por investigação deve necessariamente haver um problema que será examinado pelos alunos. A partir da ótica desse problema os alunos precisaram emitir hipóteses e realizar um processo de investigação que os permita obter novas informações, que serão interpretadas e comunicadas de alguma forma (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Pelizzari e colaboradores (2002), tomando como base as ideias de Piaget (1997), apontam que a promoção de conflitos cognitivos (problemas) caracterizam-se como uma forma de acrescentar e/ou transformar as estruturas prévias do aluno. Por isso, é possível afirmar que por meio das atividades investigativas de problematização, os alunos têm a possibilidade de reorganizar e crescer seus conhecimentos, a fim de que haja aprendizagem significativa.

Também é importante ressaltar que os alunos ao adentrarem as dependências da escola não se apresentam como uma folha em branco, livre de percepções anteriores sobre a sociedade e as questões relativas a ela. Assim sendo, eles possuem uma série de vivências e experiências particulares, de maneira que o objetivo da educação seja a reestruturação desses conhecimentos, para que estejam em consenso com as ideias científicas e haja uma melhoria na forma de aprendizado desse aluno (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

De forma geral, o ensino por investigação pode ser uma importante ferramenta responsável por promover aos alunos o aprendizado de conceitos e procedimentos científicos, para que estes possam aperfeiçoar suas habilidades cognitivas e compreender a natureza do trabalho científico (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Outrossim, conforme Sasseron (2015) argumenta, o ensino por investigação pode ser considerado como uma abordagem didática que tem o potencial de estar associada a qualquer recurso de ensino, desde que o aluno

interaja de forma dinâmica com o conhecimento científico de modo investigativo, sendo mediado pelo professor.

Dessa maneira, é fundamental que o professor utilize ferramentas que engajem os alunos nesse processo de construção do conhecimento. Assim, é necessário a proposição de questões estimulantes que sejam capazes de envolver os alunos em desafios e discussões que fazem parte do contexto da própria cultura científica (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; SASSERON, 2015). Em todo caso, é imprescindível que ao seguir pela linha do ensino investigativo o professor realize esse processo de interação entre ele, alunos e as informações científicas (SASSERON, 2015).

Examina-se também acerca da perspectiva do ensino por investigação para promoção de um processo de enculturação científica nos alunos, com a compreensão da ciência e do funcionamento do raciocínio científico (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Cabe ressaltar a importância desse processo para desfazer mitos coletivos sobre o fazer científico. Na atualidade, existe a falácia amplamente veiculada à Ciência, de que os cientistas compreendem a natureza de maneira basilar, ou seja concebem a natureza em todos os seus fundamentos, e assim apenas pequenas lacunas são tidas como desconhecidas (KNAKIEVICZ, 2016).

Todavia, essa visão de uma ciência estática encontra-se em discordância com a realidade e pode ser responsável por uma concepção errônea sobre a forma como os alunos devem aprender aquele conhecimento. Seguindo por essa linha de raciocínio, o estudante pode entender a ciência como um conjunto de conceitos a serem decorados, e o ensino volta-se aos moldes tradicionais, não abrindo espaço para uma reflexão crítica sobre a natureza e a sociedade.

Por esse motivo é crucial o entendimento da ciência como um processo dinâmico associado à constante incorporação de novos conceitos, de maneira não arbitrária, seguindo uma série de princípios e análises críticas e racionais (KNAKIEVICZ, 2016). Compreendendo também, que as teorias científicas podem ser refutadas com base em observações, e que por isso, a ciência encontra-se em construção contínua (SASSERON, 2015; KNAKIEVICZ, 2016).

Por essa perspectiva, entende-se o fazer científico como uma prática passível de constante transformação e assim, é relevante que o processo de um ensino por investigação siga por essa linha de raciocínio, visando sempre a ampliação das concepções existentes (SASSERON, 2015). Ocasionalmente, reforça-se a ideia de um ensino por investigação que

promove a alfabetização científica dos alunos, com a construção de conhecimentos sobre os fenômenos naturais e a reflexão acerca destes.

Nesse cenário, e retomando o conceito de alfabetização científica, esta proposta de aprendizagem mediada passa a ser considerada, com o passar dos anos, o eixo central do ensino de Ciências, tendo em vista que seu objetivo é a formação de alunos que atuarão na sociedade (SASSERON; CARVALHO, 2011a). Assim, de acordo com Sasseron e Carvalho (2011a), três eixos principais são responsáveis pela promoção do início de uma alfabetização científica, sendo eles:

- Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (aplicar conceitos em situações diversas do dia-a-dia).
- Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática.
- Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente (identificação do entrelaçamento entre essas esferas).

Ainda de acordo com Sasseron e Carvalho (2011a), as propostas de ensino que englobam esses eixos, constituem oportunidades para trabalhar as questões da sociedade que envolvem uma abordagem CTS. Em suma, é possível definir as atividades investigativas, de acordo com Zômpero e Laburú (2011, p. 79), da seguinte forma:

(...) o engajamento dos alunos para realizar as atividades; a emissão de hipóteses, nas quais é possível a identificação dos conhecimentos prévios dos mesmos; a busca por informações, tanto por meio dos experimentos, como na bibliografia que possa ser consultada pelos alunos para ajudá-los na resolução do problema proposto na atividade; a comunicação dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala, refletindo, assim, um momento de grande importância na comunicação do conhecimento, tal como ocorre na Ciência, para que o aluno possa compreender, além do conteúdo, também a natureza do conhecimento científico que está sendo desenvolvido por meio desta metodologia de ensino.

Conseqüentemente, no processo de ensino por investigação os estudantes são conduzidos a assumir uma postura de maior autonomia, no qual não se limita a aprendizagem baseada na memorização de um conteúdo, mas na constante reflexão. Para isso, é essencial que o professor forneça as ferramentas necessárias para a construção do conhecimento

científico, bem como um processo de experimentação que propicie significado à aprendizagem daquele conhecimento.

Não obstante, o ensino de microbiologia por meio de uma abordagem investigativa se direciona no sentido de propiciar aos alunos o entendimento dos conhecimentos e práticas dessa subárea das Ciências. Tendo como finalidade, a participação desses alunos no contexto das discussões sociais de maneira autônoma e crítica, especificamente, considerando a proposição deste trabalho, na reflexão acerca das superbactérias e suas problemáticas.



### 3. JUSTIFICATIVA

Em condições naturais, os microrganismos tendem a ser selecionados de acordo com as suas respostas adaptativas frente às mudanças ambientais. Por isso, a utilização indiscriminada dos antimicrobianos pode ser responsável por criar uma pressão que seleciona os organismos cada vez mais resistentes a essas substâncias (SILVA DAVID, 2021). Nesse contexto, a OMS declara que a resistência antimicrobiana (RAM) representa um sério problema de saúde pública mundial afetando diversos setores da sociedade (OMS, 2021a).

Pode-se dizer que a RAM significa um risco à eficácia de diversos tratamentos de combate às infecções comuns causadas por microrganismos. Dentre as principais preocupações da OMS, destaca-se o surgimento das bactérias multirresistentes, também chamadas de superbactérias. As superbactérias são aquelas que desenvolvem mecanismos que as tornam tolerantes à ação dos antibióticos e como resultado do processo de seleção natural se tornam cada vez mais presentes nos casos de infecção bacteriana. Diante disso, as infecções causadas pelas superbactérias exigirão tratamentos não convencionais, com o uso de novos antibióticos desenvolvidos ou com a ministração de altas dosagens de antibióticos já utilizados (SILVA MARTINS *et al*, 2015).

Levando em consideração o processo de resistência antimicrobiana, não se pode ignorar a realidade das últimas décadas, em que a era do Antropoceno trouxe mudanças significativas na forma como o ser humano interage com a natureza. Pode-se dizer que cada vez mais novas substâncias e compostos químicos são criados e não há de fato uma mensuração dos efeitos e impactos ambientais de todo esse processo (ARTAXO, 2014). Assim, a maneira imprudente de como as pessoas lidam com essas novas substâncias está relacionada ao desequilíbrio causado no meio ambiente, bem como às alterações humanas na dinâmica da natureza que constituirão a pressão evolutiva mais importante do planeta (MATOS SILVA *et al*, 2022).

Ademais, cabe ressaltar, que ao considerar o contexto da pandemia do COVID-19, a OMS (2021a) alerta que houve aumento no uso indiscriminado de antibióticos pela população em geral. O trabalho realizado por Vellano e colaboradores (2020) relatou que mesmo sendo baixos os casos de coinfeção entre COVID-19 e infecções bacterianas, o índice de tratamento utilizando antibióticos foi elevado.

Finalmente, devemos considerar que hoje há constantes polícrises de risco e incertezas das ciências uma vez que lidamos com avanços humanos, associados às questões CTSA, e assim o conhecimento científico, ou a sua falta, pode ser responsável por causar inquietações

na sociedade. Logo, é preciso pensar e desenvolver uma educação científica que contribua para formação de cidadãos incluídos num contexto social (COUTINHO, FIGUEREDO; SILVA, 2016). Portanto, justifica-se a importância da compreensão dos mecanismos de adaptação dos microrganismos, neste caso as bactérias, para concepção da ideia de uma ciência dinâmica, uma vez que os componentes que constituem a natureza e a sociedade também os são.

Portanto, esse trabalho também se justifica pela necessidade de reflexão no que se refere às medidas de enfrentamento de endemias e pandemias, bem como, o entendimento da população em relação à natureza e às características de um vírus em comparação às características de uma bactéria. Diante do entendimento da importância da abordagem desse tema na educação básica, compreende-se a relevância da elaboração de materiais didáticos que podem ser considerados como subsídios alternativos para que os professores possam discutir e abordar esse assunto em sala de aula.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo geral**

Produzir um material didático, sobre a temática das bactérias multirresistentes como recuso de apoio pedagógico a professores da educação básica.

### **4.2. Objetivos específicos:**

- Desenvolver um material de apoio pedagógico ao docente de Biologia (caderno temático - CT), que apresenta a relação conflituosa da humanidade com as bactérias multirresistentes e demais conceitos associados ao tema.
- Elaborar um material de divulgação científica (CT) que possibilite ao aluno o desenvolvimento de senso crítico a respeito da temática das bactérias multirresistentes e sobre o fazer científico, por meio do ensino investigativo.
- Analisar o potencial do caderno temático produzido no processo de ensino da microbiologia para a promoção da alfabetização científica e de atividades investigativas.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1. Caderno Temático (CT)

O CT proposto visa à construção de um material voltado às práticas de investigação com foco na problematização, o qual será tecido por meio de perguntas norteadoras que direcionam ao processo investigativo. Sendo assim, os tópicos abordados ao longo do caderno foram pensados buscando uma reflexão crítica, que leva em consideração a abrangência do tema sobre os microrganismos multirresistentes, no caso as superbactérias.

Nesse contexto, o CT surgiu como um material didático mais flexível que pudesse ser adaptado ao cotidiano do aluno, de forma que se propiciasse uma aprendizagem diferenciada. Por isso, por meio da produção desse tipo de material fica evidenciada a importância da participação do professor, para além de uma limitação de transmissão de um determinado conteúdo, mas como elemento de mediação essencial no processo de ensino e aprendizagem.

Logo, inicialmente na produção do CT foram pensados os tópicos que iriam orientar as discussões e a disposição das informações, levando em conta a elaboração de um processo de transposição didática. Dessa forma, tendo em mente as proposições de Chevallard (2013), é importante definir o que é ensinável dentro do contexto do corpo de conhecimentos acadêmicos. Encontrando-se estes conhecimentos acadêmicos, resguardados pelos procedimentos metodológicos da ciência, pelos quais os fenômenos são constantemente verificados e reproduzidos.

Desse modo, no primeiro momento de construção do CT foi definida, por meio de uma ampla pesquisa bibliográfica, a coletânea de informações tidas como primordiais para uma adequada compreensão da temática. Para tanto, a pesquisa bibliográfica foi realizada em revistas acadêmicas científicas, livros e documentos de agências nacionais, disponíveis online encontradas em plataformas como Google Scholar, ResearchGate, SciELO, Nature, ScienceDirect, PubMed, entre outros. Ainda baseado nas ideias de Chevallard (2013), buscou-se estabelecer o entendimento de que os conhecimentos acadêmicos são passíveis de questionamento e para tanto, questões conflitantes relacionadas ao assunto foram concebidas. Nesse sentido, o desenvolvimento dessas questões, encaradas como geradoras de conflitos cognitivos, teve como objetivo direcionar a discussão para o processo investigativo de construção do conhecimento.

Por fim, cabe mencionar que a estruturação do CT foi feita por meio da plataforma digital de *design* gráfico Canva<sup>6</sup>. Essa etapa visa à disposição das informações coletadas na literatura de forma mais atrativa e visual, utilizando de recursos como imagens e esquemas, considerando a perspectiva do aluno, que é o alvo do material.

---

<sup>6</sup> O Canva é uma excelente ferramenta para criação de conteúdos visuais no geral, com ótimos recursos gratuitos e bons modelos que irão ajudar educadores (amadores em design) que desejam inovar na geração de materiais educativos. Disponível em: <https://www.canva.com/>.

## 6. O PRODUTO EDUCACIONAL

O material produzido foi dividido em 6 módulos, composto por um texto introdutório e uma atividade final de recapitulação do assunto abordado, sempre visando à participação do aluno no processo de construção desse conhecimento. A seguir serão apresentados os módulos desenvolvidos no material (APÊNDICE 1), bem como uma breve apresentação sobre o que foi trabalhado em cada um deles.

- **Módulo 1-** O que são as superbactérias (ou bactérias multirresistentes)

Neste módulo desenvolveu-se uma introdução sobre o que são as superbactérias (ou bactérias multirresistentes), retratando as condições que favorecem seu surgimento. Foram apresentados os principais grupos de bactérias multirresistentes de acordo com a OMS em ordem de prioridade (crítica, alta e média).

- **Módulo 2-** Superbactérias e Antibióticos

Nesse módulo elucidou-se o modo de ação dos antibióticos, demonstrando principalmente os mecanismos bioquímicos envolvidos no combate às infecções bacterianas. Conjuntamente, foi apresentado o histórico dos antibióticos, desde o seu surgimento em 1928, com a descoberta da penicilina, até os dias atuais.

- **Módulo 3-** Vírus X Bactéria

Neste módulo foram apresentadas as principais diferenças (morfológicas, funcionais, entre outras) entre vírus e bactéria. De modo que, buscava-se a identificação das disparidades entre eles e o entendimento de que infecções virais e bacterianas devem ser tratadas de formas diferentes. Também é apresentada uma reflexão em relação às medidas enfrentadas durante a pandemia do COVID-19, uma vez que o grande volume de desinformação e propagação de notícias falsas fez com que a população fizesse o uso de antibióticos de forma exacerbada como um suposto tratamento precoce à infecção causada pelo coronavírus.

- **Módulo 4-** Os mecanismos de resistência das superbactérias

Nesse módulo foram discutidos os complexos mecanismos bioquímicos e celulares que tornam uma bactéria resistente à ação dos antibióticos. De semelhante modo, foi apresentada a forma como esses mecanismos são transmitidos entre bactérias, processo responsável por formar uma comunidade bacteriana multirresistente.

Em relação aos aspectos supracitados, foi abordada a ideia de “capitalismo genético” que afirma que os genes de resistência adquiridos pelas bactérias raramente são perdidos, e esse processo de acumulação pode tornar uma bactéria mais resistente ainda. Sendo o conceito de “capitalismo genético” definido por: “quem mais tem, mais acumula” (BAQUERO *et al*, 2003).

- **Módulo 5-** Superbactérias X Humanidade

Nesse módulo, foram exploradas as influências humanas no processo de evolução microbiana. O foco é direcionar para um pensamento filosófico e reflexivo sobre o Antropoceno, as alterações ambientais e sua influência no processo de resistência a antibióticos.

- **Módulo 6-** Próximos passos

A consideração final do CT está pautada nos próximos passos em relação à resistência antimicrobiana. Para tanto, foram abordados os planos de ação global que a OMS, e outros órgãos de saúde têm concebido em relação às bactérias multirresistentes. Portanto, conclui-se com uma reflexão crítica sobre o fazer científico como um processo dinâmico e passível de ser reformulado sempre que necessário, visto que os processos naturais, base da ciência, não são estáticos.

Por fim, esse material foi desenvolvido com o propósito de que seja utilizado como apoio pedagógico para o docente, que poderá empregá-lo em suas aulas com o objetivo de conscientizar os alunos sobre como a sociedade lida e deveria lidar com os medicamentos utilizados no tratamento das infecções por microrganismos, em especial no caso das infecções bacterianas.

## **7. ANÁLISE DO PRODUTO EDUCACIONAL: POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE MICROBIOLOGIA**

Na atualidade, o ensino de Ciências pode ser compreendido como um processo de promoção da cidadania, com enfoque numa abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), que fornece ao estudante as ferramentas necessárias para o entendimento da ciência e uma participação consciente na vida social (SASSERON, 2015). Desse modo, cabe a reflexão de quais são os canais por meio do qual os alunos têm contato com o conhecimento científico.

Podemos dizer que o primeiro contato que temos com o conhecimento científico ocorre na escola, por meio do processo de educação formal. Porém, não se pode negar que na contemporaneidade cada vez mais cedo, e de forma facilitada, têm-se acesso às proposições da ciência por meio da internet, como as redes sociais e o YouTube, além de outros canais de comunicação como TV, rádio, jornais e revistas.

Não obstante, o ambiente escolar continua representando um importante elo entre os estudantes e a cultura científica, de modo mais amplo e integral (SASSERON, 2015). Dessa maneira, é pertinente a avaliação do como o conhecimento científico, no caso deste trabalho o conhecimento sobre os as superbactérias, encaminha-se até o corpo escolar e o modo como os professores utilizam essas informações.

Jacobucci e Jacobucci (2009) relatam que o principal recurso utilizado pelos professores para o ensino dos microrganismos é o livro didático, uma vez que este tipo de material é distribuído, para a rede pública de ensino, de forma gratuita, sendo um importante norteador dos currículos escolares. Contudo, trabalhos de Maronn, Karas e Hermel (2017), Medeiros (2018), Camargo, Silva e Santos (2018), além de Stamm e Castro Martins (2020), de análise do conteúdo da microbiologia nos livros didáticos, apontam que esse tema é explorado de maneira simplista e limitada, o que não contribui para uma aprendizagem significativa. Importante ressaltar, que todos os trabalhos observados indicam que não há erro conceitual nos assuntos abordados sobre a microbiologia nos livros didáticos, no entanto, uma visão muito reducionista foi percebida.

À vista disso, Medeiros (2018) sugere que ao utilizar desse recurso de ensino, os professores devem atentar-se e realizarem um processo de cautelosa análise do conteúdo dos materiais didáticos. Além disso, recomenda-se que o uso do livro didático não seja um fim em si mesmo, e que é necessário que os docentes utilizem também bibliografias complementares (CAMARGO; SILVA; SANTOS, 2018; STAMM; CASTRO MARTINS, 2020). Muito



importante destacar também, que a periodicidade com que os livros didáticos são atualizados colabora para um distanciamento entre os assuntos da microbiologia no livro e as atuais perspectivas produzidas na literatura científica. Esse processo de separação, entre o livro e as atualizações produzidas pela ciência, pode ser responsável por aumentar a distância entre o conhecimento científico produzido nas universidades e o trabalho no ambiente escolar (JACOBUCCI; JACOBUCCI, 2009).

Posto isso, é interessante considerar a importância da produção de textos de divulgação científica (TDC), que disponham como objetivo a realização do processo de transposição didática. Porquanto, é importante que haja uma adequação dos TDC, de modo que se enquadrem no cotidiano do aluno, tornando aquele aprendizado significativo. Freitas, Moreira e Silva (2015) retratam que a revista "Ciência Hoje das Crianças" apresenta um conjunto de artigos, caracterizados como TDC, que contribuem para aprofundamento do ensino de microbiologia na escola. Os autores complementam que por meio desses artigos os professores têm acesso a materiais de qualidade, que agregam em sua apresentação do conteúdo de maneira contextualizada e completa. Outro exemplo é o trabalho de Vieira (2018), que teve como objetivo avaliar o uso dos TDC como ferramenta didática para o ensino de Biologia, observou que os textos com conhecimentos técnicos passam por uma série de transformações mediadas pelo professor para que se adequem como recurso didático.

Nesse contexto, Ribeiro e colaboradores (2021), ao investigar sobre o uso dos TDC para o ensino de antibióticos e a abordagem dos microrganismos resistentes, fizeram algumas observações que corroboram com a proposta do CT elaborado neste trabalho. Conforme descrevem os autores, essas ferramentas de ensino podem ser proveitosas por promover e motivar a participação ativa dos alunos no processo de construção do conhecimento. Além disso, pode-se notar que no sentido da interpretação dos textos utilizados, os alunos demonstraram grande capacidade de análise e resolução dos problemas propostos, tendo como embasamento os conhecimentos previamente adquiridos. Ademais, outro ponto importante abordado pelo trabalho de Ribeiro e colaboradores (2021) trata da etapa investigativa do processo de uso dos TDC, na qual foi observada uma maior dificuldade de posicionamento crítico dos alunos. Visto que, devido ao contato reduzido com essa forma de ensino investigativo, é notada uma limitação nas habilidades dos estudantes, sendo necessária a continuidade de aplicação para observação de aprendizagem mais palpável.

Dessa forma, o material construído neste trabalho tinha como ponto de partida a proposição de um viés investigativo com foco na problematização, visando a contribuir para o processo de ensino aprendizagem contextualizado. Portanto, no CT foram propostas, sempre a

partir de uma explicação prévia do assunto, questões norteadoras que tinham como foco promover esse procedimento de investigação (Figura 1 e 2).

Por meio destas questões apresentadas (Figura 1 e 2), intenta-se que os alunos, de forma autônoma e direcionada, realizem esse processo de verificação, por meio das pesquisas, a fim de que se estabeleça uma relação entre o assunto abordado anteriormente e os resultados encontrados. A partir dessa situação, estimula-se esse processo inicial de construção e associação daquele conhecimento objetificado, suscitando também o desenvolvimento da argumentação, uma vez que os alunos são direcionados a descrever seus achados bibliográficos.

**Figura 1:** Questão 1- módulo 1 (pág.8)

1- Já sabemos que o uso exagerado dos antibióticos pode ser um mecanismo de pressão evolutiva que leva ao surgimento das Superbactérias. Mas será que é só isso que pode ser responsável pelo surgimento desse superorganismo? Pesquise e averigue se há outros modos que podem favorecer o surgimento das bactérias multirresistentes.

**Fonte:** Caderno temático

**Figura 2:** Questão 1- módulo 2 (pág. 15)

**Já sabemos os mecanismos de ação dos antibióticos e que eles interferem no metabolismo das bactérias.**

1- Por meio de uma pesquisa determine qual a influência da interferência dos antibióticos em cada uma das cinco estruturas e funções demonstradas na figura 1 e, diga porque essas influências podem ocasionar a morte das bactérias a serem combatidas.

**Fonte:** Caderno Temático

De acordo com Sasseron e Carvalho (2011b), durante o procedimento do ciclo argumentativo em um processo investigativo, na etapa de trabalho com as informações é possível a construção de um embasamento que apoiará as futuras discussões estabelecidas pelos estudantes. Sendo assim, a etapa de pesquisas se torna importante para basear as etapas que se seguem na elaboração e reestruturação do conhecimento, que começa a receber uma interpretação mais ampla dentro do contexto de toda a temática.

Retomando as ideias de Zômpero e Laburú (2011), no que se refere às abordagens de ensino investigativas, entende-se que o principal intento desse método de ensino é a proposição de problemas que estimulem a reflexão e que a partir disso, os estudantes elaborem hipóteses a serem respondidas pelo processo de investigação. Sob o mesmo ponto de vista, foram elaboradas no CT (figuras 3, 4, 5 e 6) perguntas que intencionam o estímulo introdutório às interações discursivas, como descrito por Machado e Sasseron (2012).

**Figura 3:** Questão 2- módulo 1 (pág. 12)

2- Após a realização da atividade 1, observe a tabela e responda:

**a)** As patologias associadas às infecções causadas pelas Superbactérias são comuns? Por quê?

**b)** Imagine e descreva contextos em que essas infecções podem ocorrer.

**Fonte:** Caderno temático

**Figura 4:** Questão 1 e 2- módulo 3 (pág. 20)

**1)** Considerando as diferenças entre vírus e bactérias, e o mecanismo de ação dos antibióticos. Você acredita que os vírus sejam sensíveis aos antibióticos? Explique a sua hipótese utilizando aspectos da sua morfologia e modo de vida

**2)** Em relação a COVID-19 e às superbactérias, faça uma pesquisa online e defina qual a relação entre eles. Leve em consideração principalmente as medidas de prevenção às infecções virais e bacterianas e o tratamento para cada caso.

*Link de auxílio às pesquisas:*

- <https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2022/02/superbacterias-ja-eram-um-problema-mas-pandemia-pode-ter-piorado-a-situacao>
- <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-55558176>

**Fonte:** Caderno temático

**Figura 5:** Questão 1 e 2- módulo 5 (pag. 28)

Após ter assistido o vídeo “O Apocalipse dos Antibióticos Explicado” (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xZbcwi7SfZE>), e realizado a leitura do módulo 5, responda o que se pede:

- 1) Qual a influência do Antropoceno e do processo de globalização na circulação das Superbactérias?
- 2) Porque as Superbactérias representam um risco para a saúde global? Pesquise sobre duas espécies de superbactérias (*Staphylococcus aureus* e *Klebsiella pneumoniae*), e apresente a quais medicamentos esses microrganismos são resistentes e qual a maior preocupação relacionada a eles.

**Fonte:** Caderno temático

**Figura 6:** Questão 3- módulo 6 (pág. 33)

3) Examine o refrão da música “Todo mundo explica” de Raul Seixas e explique o que você entende com este verso.

“O que é que a ciência tem?  
Tem lápis de calcular  
Que é mais que a ciência tem?  
Borracha pra depois apagar”

**Fonte:** Caderno temático

Um exemplo dessa construção no CT pode ser identificado na questão 2 do módulo 1 (Figura 3), pela qual a associação entre as manifestações clínicas tidas como comuns e a possível infecção bacteriana por um microrganismos multirresistentes, pode direcionar a uma interpretação mais ampla do problema. Posto que, a pesquisa e elaboração de hipóteses pode conduzir os alunos ao entendimento de que as infecções comuns, que antes eram facilmente tratadas, podem atualmente ocasionar quadros clínicos complexos ou fatais. Tal como, as

questões 1 e 2 do módulo 3 (Figura 4), que ao abordar sobre vírus e bactérias, os mecanismos de ação dos antibióticos e os tratamentos utilizados durante a pandemia da COVID-19, tem o potencial de direcionar ao raciocínio sobre as diferenças entre esses dois microrganismos e as diferentes condutas nos casos de infecção.

Ainda analisando o potencial e as características do material elaborado, no que diz respeito às propostas de ensino investigativo, pode-se dizer que o ensino investigativo e a elaboração de hipóteses, a partir dos problemas propostos pelos professores, orienta o ensino e proporciona um processo de aprendizagem mais dinâmico, fugindo aos moldes tradicionais (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Para além, essa metodologia de aprendizagem dispõe da capacidade de proporcionar o processo de alfabetização e letramento científico e estimular o “pensamento crítico por meio da resolução de problemas contextualizados ao cotidiano” (SILVA; PIERI, 2022, p.47).

Assim sendo, o CT desenvolvido tem o potencial de dialogar com os três eixos estruturadores responsáveis pela promoção do início da alfabetização científica, de acordo com Sasseron e Carvalho (2011a). Por certo que, aborda uma temática atual, sobre o problema enfrentado pelo mundo em relação às superbactérias, apresentando a comunicação dos conceitos e conhecimentos científicos. Conforme pode-se notar mediante os exemplos das questões 1 e 2 do módulo 5 (Figura 3), em que se contextualiza sobre o assunto a nível global e direciona o entendimento no sentido de associação das questões de CTSA.

Além disso, como demonstrado no exemplo da questão 3 do módulo 6 (Figura 4), a proposta do CT promove a compreensão da natureza do trabalho científico e suas práticas, que são norteadas por um conjunto de ações sistematizadas, baseadas no raciocínio lógico. Sendo assim, o modo como os módulos foram pensados e as informações foram dispostas ao longo do CT, abre a possibilidade de promover o contato dos estudantes com procedimentos e ações que caracterizam os métodos de alfabetização e letramento científico.

Outro ponto que cabe destaque diz respeito às potencialidades do material didático produzido no que se refere à linguagem, que contribui para a comunicação das informações científicas sobre as superbactérias. Martins (2002) aponta que alguns aspectos da microbiologia, que são de difícil compreensão, podem ser oportunamente apresentados e entendidos de maneira mais adequada por meio da linguagem textual (MARTINS<sup>7</sup> 2002 *apud* COELHO JUNIOR *et al*, 2020).

---

<sup>7</sup> MARTINS, Isabel. Visual imagery in school science texts. **The psychology of science text comprehension**, p. 73-90, 2002.

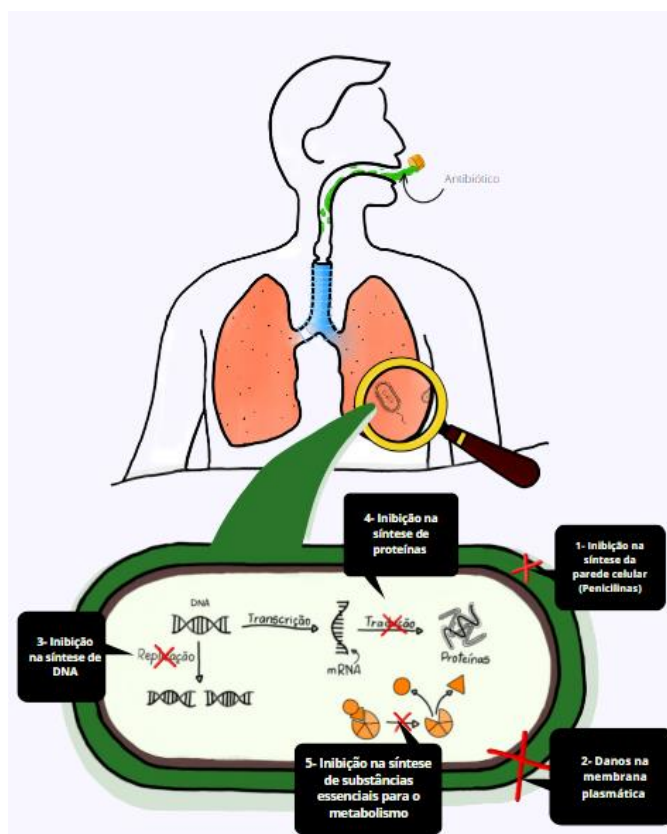
Assim, as falas dialogadas e comparativas do texto do CT, exemplificadas abaixo, e as imagens e figuras (figuras 7 e 8) utilizadas podem se caracterizar como importantes elementos que auxiliam no processo de transposição didática, sendo relevantes para a alfabetização científica (FREITAS, MOREIRA e SILVA, 2015). Nesse sentido, o CT dispõe de um *design* que chama atenção visual dos alunos (Figura 9), e linguagem que foram concebidos visando primeiramente ser um material atrativo, que conseqüentemente seja capaz de promover aprendizagem e conscientização.

### Exemplos de falas dialogadas do CT:

“E se eu te contar que existe uma espécie de “super-herói” na vida real? Difícil de acreditar nisso não é mesmo?! Como é possível existir algum organismo que tenha superpoderes? Mas pasme, podemos dizer que, de alguma forma isso é possível, e nesse material nós vamos estudar um organismo quase como um super-herói, conhecido como superbactéria.”

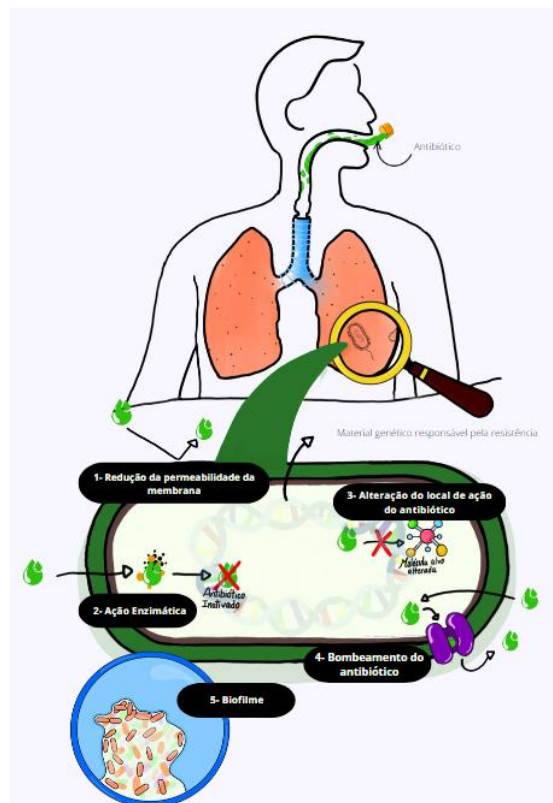
“É isso mesmo que você leu, elas compartilham os genes de resistência do mesmo modo que você compartilha figurinhas do *WhatsApp* com seu amigo.”

**Figura 7:** Exemplo de imagem utilizadas no CT (esquema produzidos para elucidar os mecanismos de ação dos antibióticos



Fonte: Caderno temático

**Figura 8:** Exemplo de imagem utilizadas no CT (esquema produzido para elucidar os mecanismos de resistência bacteriana)



**Fonte:** Caderno temático

**Figura 9:** Capa do Caderno temático exemplificando o viés mais lúdico do design do CT.



**Fonte:** Caderno temático

Para além, o conteúdo de microbiologia abordado no CT encontra-se estabelecido na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), definida pela Lei nº 9.394/1996<sup>8</sup>, podendo ser abordado na educação básica no 4º e 7º ano do ensino fundamental e também no 3º ano do ensino médio. De acordo com a BNCC as habilidades referentes ao assunto do CT, direcionadas para o ensino fundamental são:

- **(EF04CI08)** Propor, a partir do conhecimento das formas de transmissão de alguns microrganismos (vírus, bactérias e protozoários), atitudes e medidas adequadas para prevenção de doenças a eles associadas (BRASIL, 2018, p. 339).
- **(EF07CI09)** Interpretar as condições de saúde da comunidade, cidade ou estado, com base na análise e comparação de indicadores de saúde (como taxa de mortalidade infantil, cobertura de saneamento básico e incidência de doenças de veiculação hídrica, atmosférica entre outras) e dos resultados de políticas públicas destinadas à saúde (BRASIL, 2018, p. 347).
- **(EF07CI10)** Argumentar sobre a importância da vacinação para a saúde pública, com base em informações sobre a maneira como a vacina atua no organismo e o papel histórico da vacinação para a manutenção da saúde individual e coletiva e para a erradicação de doenças (BRASIL, 2018, p. 347).

Já no ensino médio, a habilidade da BNCC que respalda a utilização do CT temático está diretamente relacionado ao processo de construção de um ensino por investigação, com base em situações-problema, sendo esta habilidade:

- **(EM13CNT301)** Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (BRASIL, 2018, p. 559).

Por fim, o CT também permite abordar sobre o tema das bactérias multirresistentes e proporcionar aos alunos a aproximação com este assunto, com a intenção de que se articule o

---

<sup>8</sup> Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB)-



início do processo de conscientização do problema. A partir disso, os estudantes dispõem dos artifícios oportunos para compreender como a sua ação tem influência no combate à RAM, concepção importante no ensino de ciências, como considerado por Santos Santana e Sedano (2022).

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

Em síntese, foi possível analisar que o produto educacional elaborado tem o potencial de contribuir para o ensino de microbiologia de forma contextualizada, utilizando as ferramentas e proposições do ensino investigativo. Outrossim, pode auxiliar também no processo de alfabetização científica, visto que aborda a temática de maneira ampla, objetivando o contato dos alunos com as questões CTSA, e principalmente a contextualização de um grave problema compartilhado por todos. Igualmente, compreende-se a pertinência desse material no que diz respeito à elucidação do assunto, de modo que este encontra-se de acordo com os preceitos da alfabetização científica, que oportunizam aos alunos acesso aos conhecimentos científicos, viabilizando sua participação na tomada de decisões do corpo social (SASSERON, 2015).

Logo, levando em consideração a análise de Jacobucci e Jacobucci (2009), em que os autores apontam que é pequena a produção nacional no que diz respeito ao ensino e divulgação científica com temas da microbiologia, cabe a reflexão de como esse desafio tem sido transposto. Assim, é possível ver como essa lacuna vem sendo preenchida ao longo dos anos e como a divulgação científica segue crescendo, visto que o material didático aqui proposto (denominado de Caderno Temático), também representa uma forma de rompimento desse distanciamento entre a cultura científica e o ambiente escolar.

Importante destacar que o professor, é o principal agente de mediação na aplicação desse material, sendo o elo entre o aluno e o conhecimento objetificado. Para tanto, Chevallard (2013) define essa relação como uma relação didática, em que se estabelece uma associação entre os três objetos envolvidos (aluno, professor e conhecimento ensinado). Dessa maneira, no caso do CT, verifica-se um conhecimento objetificado ou ensinável, em que se encontra a necessidade de que, por parte do professor exista uma intenção didática, definida assim como essa intenção de ensinar.

No que se refere às dificuldades de aplicação do material proposto, concebe-se que é necessário a utilização de mais de um dia de aula, por se tratar de um conteúdo denso que requer dos estudantes do ensino fundamental, um tempo a mais de preparação. Além disso, como apontado por Ribeiro e colaboradores (2021), no processo investigativo com o uso dos TDC existe uma dificuldade de posicionamento crítico dos alunos, em virtude do reduzido contato com este tipo de material. Compreendendo assim, que é oportuno um dedicado e longo processo de trabalho com os estudantes, para que se alcance o objetivo de que estes

sejam mais críticos e autónomos durante o seu processo ensino e aprendizagem. Dessa forma, pode ser interessante a aplicação do CT para ensino da microbiologia, contudo não se pode afirmar o modo como a construção deste ganhará significado para os estudantes e cabe portanto, uma futura aplicação desse material.

A respeito da aplicação prática do CT, se experienciou uma limitação de tempo devido ao período reduzido de produção deste trabalho, considerando o contexto pós-pandêmico de retorno às atividades acadêmicas. Assim, se mantém em aberto a possibilidade de um trabalho futuro que avalie novas perspectivas de aplicação do CT, e a factível análise das aprendizagens por meio de formulários pré e pós-aplicação. Com a finalidade de que seja averiguado sobre as possíveis contribuições desse material no processo de ensino-aprendizagem como promotor da alfabetização científica, e da avaliação das abordagens do ensino investigativo.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRA, G. *et al.* Análise do conceito de Aprendizagem Significativa à luz da Teoria de Ausubel. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 72, p. 248-255, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0691>. Acesso em: 28 fev. 2023.

ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno?. **Revista USP**, n. 103, p. 13-24, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p13-24>. Acesso em: 28 fev. 2023.

Ausubel, DP. *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton; 1963. 255 p.

BAQUERO, F.; COQUE, T. M.; CANTON, R. Antibiotics, Complexity, and Evolution- Perspective-Antibiotic usage increases disorder at different biological levels, promoting the emergence of alternative orders in the microbiosphere. **ASM News-American Society for Microbiology**, v. 69, n. 11, p. 547-552, 2003. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/235446388\\_Antibiotics\\_Complexity\\_and\\_Evolutio](https://www.researchgate.net/publication/235446388_Antibiotics_Complexity_and_Evolutio). Acesso em: 28 fev. 2023.

BARTLETT, John G.; GILBERT, David N.; SPELLBERG, Brad. Seven ways to preserve the miracle of antibiotics. **Clinical Infectious Diseases**, v. 56, n. 10, p. 1445-1450, mai. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/cid/cit070>. Acesso em: 24 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 25 mar. 2023.

BRASIL, Ministério da Educação. Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. Aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências. Disponível em: <https://pne.mec.gov.br/18-planos-subnacionais-de-educacao/543-plano-nacional-de-educacao-lei-n-13-005-2014>. Acesso em: 28 fev. 2023.

CAMARGO, F. P.; SILVA, A. F. G. da; SANTOS, A. C. A. dos. A microbiologia no caderno do aluno e em livros didáticos: análise documental. **Revista iberoamericana de educación**, v. 78, n. 2, p. 41-58, 2018. Disponível em: <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/185467/v.78%20n.2%20p%2041-58.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 fev. 2023.

CÂNDIDO, M. dos S. C. *et al.* MICROBIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO: ANALISANDO A REALIDADE E SUGERINDO ALTERNATIVAS DE ENSINO NUMA ESCOLA ESTADUAL PARAIBANA. **Ensino, Saúde e ambiente**, v. 8, n. 1, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/resa2015.v8i1.a21199>. Acesso em: 23 fev. 2023.

CHEVALLARD, Y. Sobre a teoria da transposição didática: algumas considerações introdutórias. **Revista de Educação, Ciências e Mathematics**, v. 3, n. 2, p. 1-14, 2013. Disponível em: <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/2338>. Acesso em: 23 fev. 2023.

COELHO JUNIOR, J. B. L. *et al.* Microbiologia em quadrinhos: uma tarde com a *Escherichia coli*. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 4, p. 328-336, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21877/2448-3877.202002055>. Acesso em 15 de fev. 2023.

COUTINHO, F. A.; FIGUEIRÊDO, K. L.; SILVA, F. A. R. Proposta de uma configuração para o ensino de ciências comprometido com a ação política democrática. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, p. 380-406, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3895/rbect.v9n1.2935>. Acesso em: 28 fev. 2023.

FARIAS M, E.; PROCHNOW, T. R. Formação inicial de professores: um trabalho com unidade temática. **IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade**, 2010. ISSN 1982-3657

FONSECA, M. S.; BORGES, A. T. A produção de material didático e o desenvolvimento profissional de professores de ciências. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (II ENPEC), 1999, Valinhos, SP: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC), 1999. Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/iienpec/Dados/trabalhos/G34.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2023.

FREITAS, J. F.; MOREIRA, L. M.; SILVA, F. A. R. Análise do conteúdo de microbiologia presente na revista Ciência Hoje das crianças. **Revista Ciências & Idéias**, v. 7, p. 1-22, 2015. Disponível em: <http://revistascientificas.ifrj.edu.br:8080/revista/index.php/reci/article/view/452>. Acesso em: 29 fev. 2023.

HONIGSBAUM, Mark. Superbugs and us. **The Lancet**, v. 391, n. 10119, p. 420, fev. 2018. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30110-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30110-7). Acesso em: 24 fev. 2023.

JACOBUCCI, D. F. C.; JACOBUCCI, G. B. Abrindo o Tubo de Ensaio: o que sabemos sobre as pesquisas em Divulgação Científica e Ensino de Microbiologia no Brasil. **Journal of Science Communication (JCOM)**, v. 8, n. 2, p. 1-8, 2009. Disponível em: [https://jcom.sissa.it/sites/default/files/documents/Jcom0802%282009%29A02\\_po.pdf](https://jcom.sissa.it/sites/default/files/documents/Jcom0802%282009%29A02_po.pdf). Acesso em: 29 fev. 2023.

KIMURA, A. H. *et al.* Microbiologia para o ensino médio e técnico: contribuição da extensão ao ensino e aplicação da ciência. **Revista Conexão UEPG**, v. 9, n. 2, p. 254-267, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=514151730009>. Acesso em: 28 fev. 2023.

KNAKIEVICZ, T. Ensino de ciências: um panorama multifocal. **Revista SUSTINERE**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 3-26, jan./jun. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/sustinere.2016.20895>. Acesso em: 28 fev. 2023.

MACHADO, O. V. O. *et al.* **Antimicrobianos**: revisão geral para graduandos e generalistas. Fortaleza: EdUnichristus, 2019. Disponível em: <https://unichristus.edu.br/wp-content/uploads/2020/10/Antimicrobianos-Revis%C3%A3o-Geral-para-Graduandos-e-Generalistas.pdf>. Acesso em: 27 de jan. 2023.

MACHADO, V. F.; SASSERON, L. H. As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**,

v. 12, n. 2, p. 29-44, 2012. Disponível em:

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4229/2794>. Acesso em: 01 mar. 2023.

MADIGAN, M. T. *et al.* **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 1006p.

MARONN, T. G.; KARAS, M. B; HERMEL, E. E. S. O CONTEÚDO E AS IMAGENS SOBRE MICROBIOLOGIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS E DE BIOLOGIA. *In: Jornada de Iniciação Científica, Tecnológica e de Inovação, VII, 2017, UFFS – Campus Erechim. Anais eletrônicos [...]* Erechim: Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Erechim, v. 1, n. 7, 2017. Disponível em:

<https://portaleventos.uffs.edu.br/index.php/JORNADA/article/view/5363>. Acesso em 07 de fev. 2023.

MARTINS, I. P.e PAIXÃO, M. F. (Org) *Perspectivas atuais Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino e na investigação em educação em ciências*. Editora UNB: Brasília. 2011.

Disponível em:

[https://blogs.ua.pt/isabelpmartins/bibliografia/CapL\\_13\\_IPMartins\\_FPaixao\\_Perspectivas\\_CTS\\_2011.pdf](https://blogs.ua.pt/isabelpmartins/bibliografia/CapL_13_IPMartins_FPaixao_Perspectivas_CTS_2011.pdf). Acesso em: 28 fev. 2023.

MARTINS, I. Visual imagery in school science texts. **The psychology of science text comprehension**, p. 73-90, 2002.

MATOS SILVA, S. E. *et al.* 3. A EVOLUÇÃO MICROBIANA EM UMA PERSPECTIVA CTS: uma proposta gamificada para o ensino de ciências. *In: COUTINHO, F. A.; SILVA, F. A. R.; OLIVEIRA, F. S. de (Orgs). Ciências na escola-um novo olhar sobre o ensino da evolução biológica: reflexões e propostas*. São Paulo: Editora Na Raiz, 2022, p. 59-109.

Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6954374>. Acesso em: 28 fev. 2023.

MEDEIROS, K. S. C. **Microbiologia em livros didáticos de ciências e biologia: Abordagem CTS e aplicabilidade do conhecimento**. 2018. 54f. Monografia ( Licenciatura-Ciências Biológicas)- Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2018. Disponível em:

<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/25898/KARLA%20SAMANTHA%20CAVALCANTI%20DE%20MEDEIROS%20-%20TCC%20LICENCIATURA%20EM%20CI%C3%80NCIAS%20BIOL%C3%93GICAS%20CES%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 fev. 2023.

MENDELSON, M.; MATSOSO, M. P. The World Health Organization global action plan for antimicrobial resistance. **SAMJ: South African Medical Journal**, v. 105, n. 5, p. 325-325, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7196/SAMJ.9644>. Acesso em: 24 fev. 2023.

MERAZZI, D. W.; OAIGEN, E. R. Atividades práticas em ciências no cotidiano: valorizando os conhecimentos prévios na educação de jovens e adultos. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 3, n. 1, p. 65-74, 2008. Disponível em:

<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/339>. Acesso em: 28 fev. 2023.

MORESCO, T. R. *et al.* Ensino de microbiologia experimental para Educação Básica no contexto da formação continuada. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 3, p. 435-457, 2017. Disponível em:

[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC\\_16\\_3\\_2\\_ex1156.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC_16_3_2_ex1156.pdf). Acesso em: 23 fev. 2023.

OLIVEIRA, P. B. L. de; MORBECK, L. L. B. Contextualizando o ensino de Microbiologia na Educação Básica e suas contribuições no processo de Ensino-Aprendizagem/Contextualizing the Teaching of Microbiology in Basic Education and its Contributions in the Teaching-Learning Process. **ID on line. Revista de psicologia**, v. 13, n. 45, p. 450-461, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/online.v13i45.1738>. Acesso em: 23 fev. 2023.

O'NEILL, Jim. Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations. 2016. Disponível em: <https://apo.org.au/node/63983>. Acesso em: 24 fev. 2023.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **OMS publica lista de bactérias para as quais se necessitam novos antibióticos urgentemente**. 27 fev. 2017. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/27-2-2017-oms-publica-lista-bacterias-para-quais-se-necessitam-novos-antibioticos>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

PAIXÃO, G. C. *et al.* Paródias no ensino de microbiologia: a música como ferramenta pedagógica. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, v. 11, n. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.29397/reciis.v11i1.1079>. Acesso em: 23 fev. 2023.

PELIZZARI, A. *et al.* Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **revista PEC**, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002. Disponível em: [https://rfp.sesc.com.br/moodle/pluginfile.php/2423/mod\\_resource/content/1/Teoria\\_aprendizagem\\_significativa.pdf](https://rfp.sesc.com.br/moodle/pluginfile.php/2423/mod_resource/content/1/Teoria_aprendizagem_significativa.pdf). Acesso em: 28 fev. 2023.

PINHÃO, Francine; MARTINS, Isabel. Cidadania e ensino de ciências: questões para o debate. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, p. 9-29, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172016180301>. Acesso em: 28 fev. 2023.

PODOLSKY, S. H. *et al.* History teaches us that confronting antibiotic resistance requires stronger global collective action. **Journal of Law, Medicine & Ethics**, v. 43, n. S3, p. 27-32, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jlme.12271>. Acesso em: 24 fev. 2023.

PRADO, I. A. de C. do; TEODORO, G. R.; KHOURI, S. Metodologia de ensino de Microbiologia para Ensino Fundamental e Médio. 2004. *In*: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, VIII, e Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, IV, 2004, São José dos Campos. **Anais eletrônicos** [...] São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2005. p. 127-129. Disponível em: [https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2004/trabalhos/inic/pdf/IC2-11.pdf](https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/inic/pdf/IC2-11.pdf). Acesso em: 28 fev. 2023.

RIBEIRO, L. B. *et al.* O uso de textos de divulgação científica como uma estratégia para o ensino de antibióticos no Ensino Médio. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (XIII ENPEC), 2021, Caldas Novas. **Anais eletrônicos** [...] Caldas Novas: Editora Realize, 2021. p. 1-8. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/76377>. Acesso em: 13 de Fev. 2023.

- SANTOS SANTANA, U. dos; SEDANO, L. Ensino de Ciências em classes multisseriadas: relatos de uma professora. **INTERFACES DA EDUCAÇÃO**, v. 13, n. 38, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.26514/inter.v13i38.4663>. Acesso em: 28 fev. 2023.
- SANTOS, F. M. T. dos. Unidades temáticas-produção de material didático por professores em formação inicial. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2007. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/243>. Acesso em: 23 fev. 2023.
- SANTOS, P. R. dos. O Ensino de Ciências e a Idéia de Cidadania. **Mirandum**, Porto (Portugal), v. X, n. 17, p. 25-34. 2006.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, vol. 17, p 49-6, nov. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>. Acesso em: 28 fev. 2023.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 01, p. 97-114, abr. 2011b. Disponível em: [http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132011000100007&lng=pt&nrm=iso](http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132011000100007&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 01 mar. 2023.
- SASSERON, L. Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Revista Investigações em Ensino de Ciências – V16**, n 1, p 59- 77, 2011a. Disponível em: <http://143.54.40.221/index.php/ienci/article/view/246>. Acesso em: 28 fev. 2023.
- SENGUPTA, S.; CHATTOPADHYAY, M. K.; GROSSART, H. P. The multifaceted roles of antibiotics and antibiotic resistance in nature. **Frontiers in microbiology**, v. 4, p. 47, mar. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00047>. Acesso em: 24 fev. 2023.
- SILVA DAVID, M. T. S. O impacto do uso indiscriminado de antibióticos na pandemia do COVID-19. In: DUARTE, A. E. B.; MUNHOZ, D. J.; MARQUES, V. R. S. (Orgs). **PANDEMIA: Caminhos para Aprendizagem**. [S. l.]: Pedro & João Editores, p. 165, 2021. ISBN: 978-65-5869-404-5
- SILVA MARTINS, G. *et al.* Uso indiscriminado de antibióticos pela população de São José do Calçado (ES) e o perigo das superbactérias. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 6, n. 2, p. 84-96, 2015.
- SILVA, F. S.; PIERI, F. A. Abordagens investigativas no ensino de Microbiologia para a promoção da alfabetização Científica dos estudantes de nível médio. **Arquivos do Mudi**, v. 27, n. 2, p. 47-57, 2022. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/63168/751375154680>. Acesso em: 29 fev. 2023.
- SOUTO, E. K. S. C. *et al.* A utilização de aulas experimentais investigativas no ensino de ciências para abordagem de conteúdos de microbiologia. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 59-69, 2015. Disponível em: [https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID275/v10\\_n2\\_a2015.pdf](https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID275/v10_n2_a2015.pdf). Acesso em: 23 fev. 2023.



SOUZA, A. S., DE LUCENA, J. M. V. M. Um breve panorama do ensino e divulgação científica em microbiologia no Brasil. In: Simpósio Nacional de Ensino, Ciência e Tecnologia, 2018, Ponta Grossa. **Anais eletrônicos** [...] Ponta Grossa, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/329124386\\_UM\\_BREVE\\_PANORAMA\\_DO\\_ENSINO\\_E\\_DIVULGACAO\\_CIENTIFICA\\_EM\\_MICROBIOLOGIA\\_NO\\_BRASIL](https://www.researchgate.net/publication/329124386_UM_BREVE_PANORAMA_DO_ENSINO_E_DIVULGACAO_CIENTIFICA_EM_MICROBIOLOGIA_NO_BRASIL). Acesso em: 29 fev. 2023.

STAMM, T. F. T.; CASTRO MARTINS, J. L. de. Abordagem de microorganismos nos livros didáticos de ciências. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2825>. Acesso em 07 de fev. 2020.

TORTORA, G. J.; CASE, C. L.; FUNKE, B. R. **Microbiologia**. 12. ed. Artmed Editora, 2017.

VELLANO, P. O.; PAIVA, M. J. M. O uso de antimicrobiano na COVID-19 e as infecções: o que sabemos. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**. v. 9, n. 9, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7245>. Acesso em: 28 fev. 2023.

VIEIRA, J. A. P. Textos de divulgação científica da pesquisa brasileira no ensino de Biologia: ferramenta didática e de popularização da ciência. 2018. 68f. Monografia (Licenciatura-Ciências Biológicas)- Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/230437>>. Acesso em: 13 de fev. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) *et al.* **Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS) report**. Geneva: World Health Organization; 2021b. . ISBN 978-92-4-002733-6

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 2021a. **Antimicrobial resistance**. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>. Acesso em 13 de ago. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global action plan on antimicrobial resistance**. Geneva, 2015. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241509763>. Acesso em: 24 fev. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION *et al.* **Antimicrobial resistance: global report on surveillance**. Geneva: World Health Organization; 2014. ISBN 978 92 4 156474 8

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 13, p. 67-80, set.-dez. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305>. Acesso em: 23 fev. 2023.

## **10. APÊNDICE**

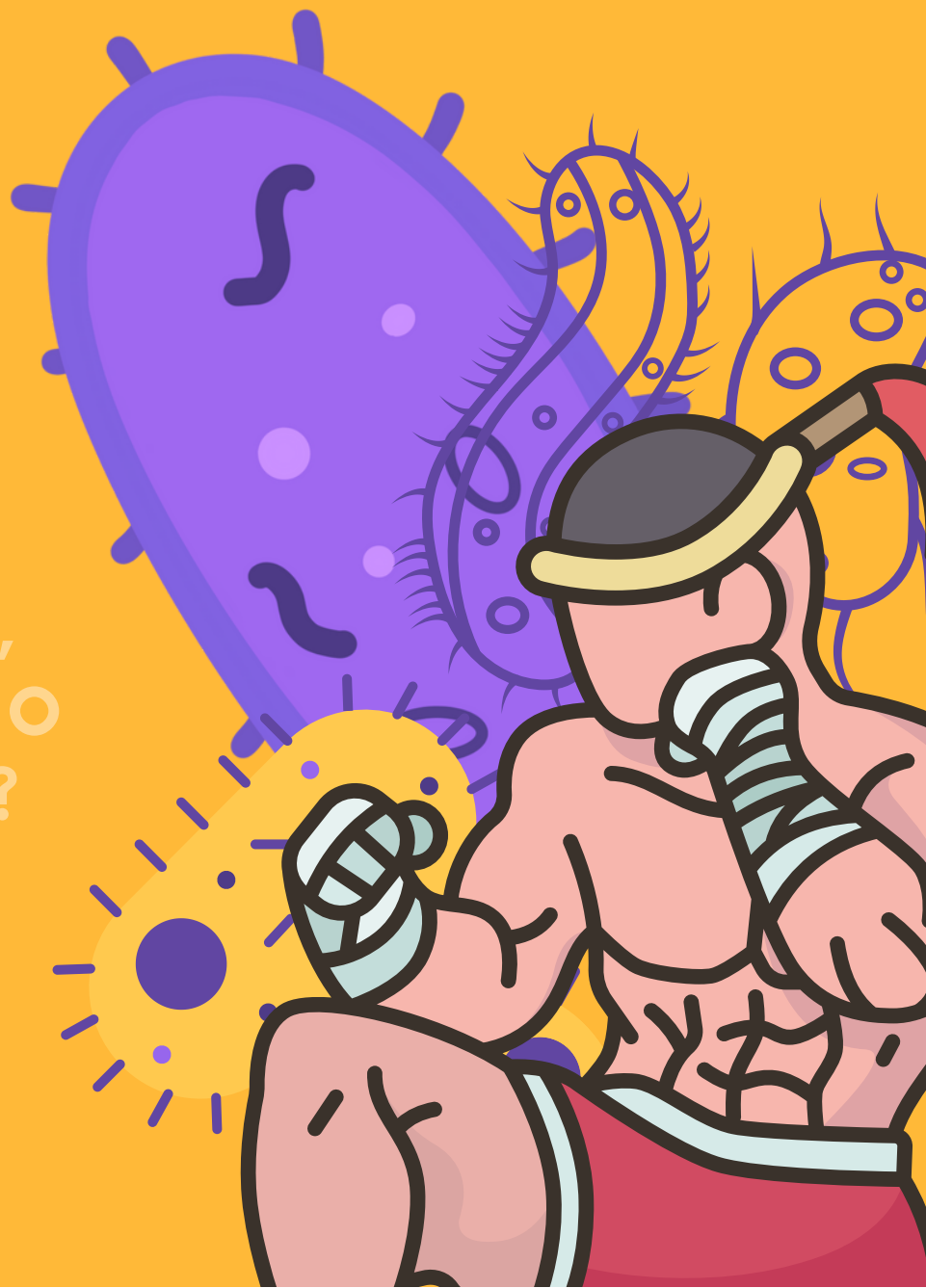
### **10.1. Caderno temático (CT)**



UFOP

# SUPERBACTÉRIAS X HUMANIDADE

AFINAL,  
QUEM É O  
VILÃO?



## APRESENTAÇÃO

Este caderno temático apresenta um pouco sobre o universo das Superbactérias, buscando compreender os mecanismos que as permite receberem tal nome.

São abordados as principais questões que tornam conflituosas as relações entre esses microrganismos e a humanidade. Serão apresentados também os planos de ação que constituem as armas de atuação da humanidade nessa luta silenciosa.

E por fim, você poderá então dizer, afinal quem é o vilão nessa batalha pela adaptação e sobrevivência?

**lasmin Islânia Domingos**

---

# Sumário

- ▶ **Módulo 1** ..... 4  
**O que são as Superbactérias**
- ▶ **Módulo 2** ..... 13  
**Superbactérias e Antibióticos**
- ▶ **Módulo 3**..... 16  
**Vírus X Bactéria**
- ▶ **Módulo 4**..... 21  
**Os mecanismos de resistência das Superbactérias**
- ▶ **Módulo 5**..... 26  
**Superbactérias X Humanidade**
- ▶ **Módulo 6**..... 29  
**Próximos passos**
- ▶ **Referências Bibliográficas** ..... 34

# MÓDULO 1

## O QUE SÃO AS SUPERBACTÉRIAS

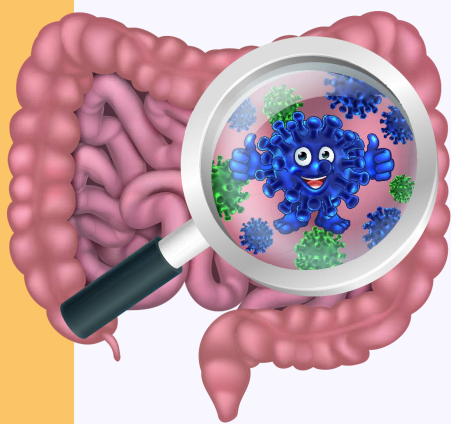
Os super-heróis são personagens fictícios, que possuem superpoderes que utilizam para combater o mal, ajudando o mundo a se tornar um lugar melhor. Eles são chamados de super e não é à toa, possuem algumas características que os distinguem de uma pessoa comum. Alguns possuem poderes ilimitados e são quase indestrutíveis, como a Supergirl e o Superman, outros correm tão rápido que são capazes de viajar no tempo, alterando a sua realidade, assim como o Flash, já há outros que conseguem controlar todos os aspectos do clima como a Tempestade. A lista é enorme e repleta de personagens e diferentes poderes, que muitas vezes passam despercebidos na sociedade, mas carregam em si algo que os tornam “super”.

E se eu te contar que existe uma espécie de “Super-herói” na vida real, difícil acreditar nisso não é mesmo?! Como é possível existir algum organismo que tenha superpoderes? Mas pasme, podemos dizer que, de alguma forma isso é possível, e nesse material nós vamos estudar um organismo quase como um super-herói, conhecido como Superbactéria.

Diferentemente do Superman, a Superbactéria não usa uma capa e sai por aí combatendo o crime, nada disso, ela tem uma aparência mais comum como de uma bactéria normal, mas traz características que a torna diferente de outros microrganismos. A bactéria é um ser procarionte, isso significa dizer que não possui um núcleo definido protegendo seu material genético, e é formada por uma única célula (unicelular).



As bactérias basicamente são encontradas em **TODA PARTE**, imagine um lugar e dificilmente não vai ter bactéria vivendo por ali. Assim, a gente consegue ver que esses organismos são excepcionais no quesito sobrevivência e, por causa disso, devem ter desenvolvido uma série de mecanismos para lidar com as situações que vão contra a sua existência. Inclusive, as bactérias são os organismos mais antigos que existem no nosso planeta, portanto, pensa bem quanta situação estressante esses microrganismos não tiveram que passar para se manter até os dias de hoje.



Para mim, só essa descrição já tornam as bactérias super, mas calma lá que ainda tem muita história para contar. Como falamos, as bactérias existem em todos os lugares e encontram-se adaptadas ao ambiente em que estão. Você sabia que tem bactéria vivendo na sua boca, intestino e em outras partes do seu corpo?! Não sabia? Pois, agora você “tá sabendo”!

Inclusive temos muito mais bactérias no nosso organismo do que as células que nos compõem. O conjunto dessas bactérias que vivem em associação conosco são chamadas de microbioma, e na maioria das vezes são benéficas para nós, auxiliando na digestão, no desenvolvimento do nosso sistema imune, proteção contra doenças, produção de hormônios e vitaminas, entre outros.

Porém, como nem tudo na vida são flores, podemos encontrar também bactérias que são consideradas “vilões” (ou seriam "super-vilões"?), conhecidas como patogênicas, que podem causar doenças em nós seres humanos, animais e plantas. Essas bactérias podem ser naturalmente patogênicas ou potencialmente patogênicas (que por algum motivo de desequilíbrio serão prejudiciais), e em todo caso, o ser humano desenvolveu modos de lidar com o lado obscuro da força das bactérias.

A ciência evoluiu a cada década e nos dias atuais existem uma série de vacinas e medicamentos, os antibióticos, que são utilizados para prevenir ou combater alguns agentes infecciosos ou patogênicos. Esse avanço científico salvou diversas vidas, combatendo as infecções causadas por bactérias patogênicas.

Apesar disso, como já abordado, as bactérias são organismos que na luta pela sobrevivência se adaptam às condições adversas no qual são expostas. Na batalha contra os antibióticos, as bactérias, de acordo com a variabilidade e seleção natural, alcançaram arma secreta, os genes de resistência



Dessa forma, quanto mais o ser humano usa dos antibióticos de modo descontrolada, mais encontramos as bactérias resistentes a esses medicamentos.

Isso pode ser explicado pela teoria da Seleção Natural das espécies de Charles Darwin. Por meio dessa teoria, os organismos com certas características (adaptações) ao meio tendem a sobreviver e reproduzir. Isso aumenta a probabilidade de repassar suas características genéticas para os seus descendentes. Logo, no caso das bactérias, quando expostas aos antibióticos quem sobra para contar história são as mais resistentes aos efeitos do fármaco e adaptadas, ou super, e essas têm claramente mais chances de deixar um legado de outras Superbactérias.





No meio dessa guerra fria, atualmente existem algumas bactérias que são tão resistentes, mais tão resistentes que já são consideradas como intratáveis ou **SUPERBACTÉRIAS**. Nesse caso, a situação fica feia para o lado da humanidade, já que essas bactérias resistentes podem causar doenças de difícil tratamento, com um sério risco de elevar o número de mortes por infecções antes facilmente tratadas.

Agora com tudo isso você deve estar se perguntando: “Porque as superbactérias são chamadas assim, se na verdade elas são tão prejudiciais??”. E aí que nossa discussão começa a ficar interessante, se elas são "Super" existe algo nelas que as torna especiais e diferentes daquilo que é comum. Vamos então, explorar o mundo das Superbactérias e refletir: Afinal quem é o vilão na luta Humanidade *versus* Superbactérias?

# AGORA É COM VOCÊ!

1- Já sabemos que o uso exagerado dos antibióticos pode ser um mecanismo de pressão evolutiva que leva ao surgimento das Superbactérias. Mas será que é só isso que pode ser responsável pelo surgimento desse superorganismo? Pesquise e averigüe se há outros modos que podem favorecer o surgimento das bactérias multirresistentes.

## GRUPOS DE BACTÉRIAS MULTIRRESISTENTES

Nos dias de hoje já existem algumas bactérias conhecidas como Superbactérias, que são também chamadas de bactérias multirresistentes. A Organização Mundial da Saúde (OMS) identificou alguns desses organismos e os dividiu com base na sua ordem de prioridade, considerando a ordem de urgência no desenvolvimento de novos fármacos, mais eficientes no combate à resistência bacteriana.

Alguns critérios foram estabelecidos para que essa lista de classificação fosse elaborada, são eles:

- O nível de mortalidade da infecção que essa bactéria provoca;
- Se no tratamento dessa infecção, o paciente precisa passar muito tempo internado;
- A frequência com que bactérias desta espécie apresentam resistência aos antibióticos;
- A facilidade com que se espalham, entre animais e o ser humano;
- A possibilidade de prevenção da infecção causada por essa bactéria, como por exemplo, as medidas de boa higiene e uma proposta de vacinação;
- Se novos fármacos de tratamento contra as infecções causadas por essas bactérias já estão sendo pesquisados e desenvolvidos.

# AGORA É COM VOCÊ!

1- A tabela abaixo apresenta os agentes patogênicos que representam os maiores riscos à saúde humana, já que são resistentes aos tratamentos convencionais, na ordem de prioridade (Crítica, alta e média). Dessa forma, com auxílio de alguma ferramenta digital, pesquise e preencha na tabela, quais são as principais doenças associadas a essas bactérias.

ORDEM DE PRIORIDADE	BACTÉRIA	DOENÇA ASSOCIADA
Prioridade 1: Crítica	<i>Acinetobacter baumannii</i>	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
	Família <i>Enterobacteriaceae</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Klebsiella pneumoniae</i></li> <li>• <i>Escherichia coli</i></li> <li>• <i>Serratia spp.</i></li> <li>• <i>Proteus mirabilis</i></li> </ul>	
	Prioridade 2: Alta	<i>Enterococcus faecium</i>
<i>Staphylococcus aureus</i>		
<i>Helicobacter pylori</i>		
<i>Campylobacter spp.</i>		
<i>Salmonellae spp.</i>		
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>		
Prioridade 3: Média		<i>Streptococcus pneumoniae</i>
	<i>Haemophilus influenzae</i>	
	<i>Shigella spp.</i>	

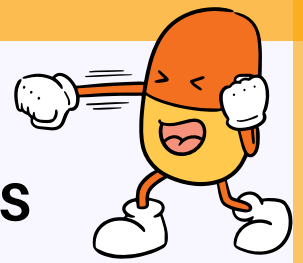
# AGORA É COM VOCÊ!

2- Após a realização da atividade 1, observe a tabela e responda:

- a) As patologias associadas às infecções causadas pelas Superbactérias são comuns? Por quê?
  
- b) Imagine e descreva contextos em que essas infecções podem ocorrer.

## MÓDULO 2

# SUPERBACTÉRIAS E ANTIBIÓTICOS



Agora que conhecemos as bactérias patogênicas e entendemos que de alguma forma os seres humanos já deram um jeitinho de combatê-las, vamos aprender um pouco mais sobre a principal arma usada no contra-ataque da humanidade, os antibióticos. Os **antibióticos** são substâncias químicas que podem vir de outros organismos vivos, ou ser produzidas por eles, que atuam influenciando em mecanismos ou estruturas fundamentais para o crescimento e sobrevivência das bactérias.

Vamos ao ano de 1928, quando o cientista Alexander Fleming estudava bactérias da espécie *Staphylococcus aureus*, procurando uma forma de lidar com as infecções microbianas. Fleming cultivava essas bactérias em placas de vidro, contendo um meio nutriente, um caldo repleto das substâncias e condições favoráveis ao crescimento bacteriano. Um dia, Fleming estava bem apressado para tirar suas férias e acabou esquecendo uma dessas placas de cultura de bactérias em cima da sua mesa e então, um mês depois quando retornou ao laboratório, encontrou sua placa contaminada com um fungo atrevido que ali crescia.

Em teoria a gente imagina que esse experimento deu errado, e provavelmente era só desperdício de material, mas na ciência e na natureza nada se perde e tudo se transforma. Assim, Fleming observou essa placa e notou que próximo a parte em que o fungo crescia não havia crescimento bacteriano, fato muito curioso que não passou despercebido ao olhar atento do cientista. Ao analisar melhor esse fungo do gênero *Penicillium*, Fleming descobriu uma substância produzida por esse organismo que agia inibindo o crescimento das bactérias em cultura. Uau, que descoberta para a Ciência! Contudo, somente a partir do ano de 1940, pela atuação dos cientistas Ernst B. Chain e Howard W. Florey, foi extraído e utilizado em humanos o composto responsável pela inibição do crescimento bacteriano, a Penicilina.

A descoberta e utilização da Penicilina revolucionou a Ciência e foi um marco muito grande na história da humanidade, uma vez que correspondeu a uma diminuição acentuada no número de mortes causadas por infecções bacterianas. Atualmente, já existem uma série de outros antibióticos com diferentes mecanismos de ação, utilizados de acordo com a gravidade da infecção e o objetivo do tratamento.

Mas e aí, qual é a forma de ação dos antibióticos que faz com que sejam tão potentes assim para inibir o crescimento das bactérias?

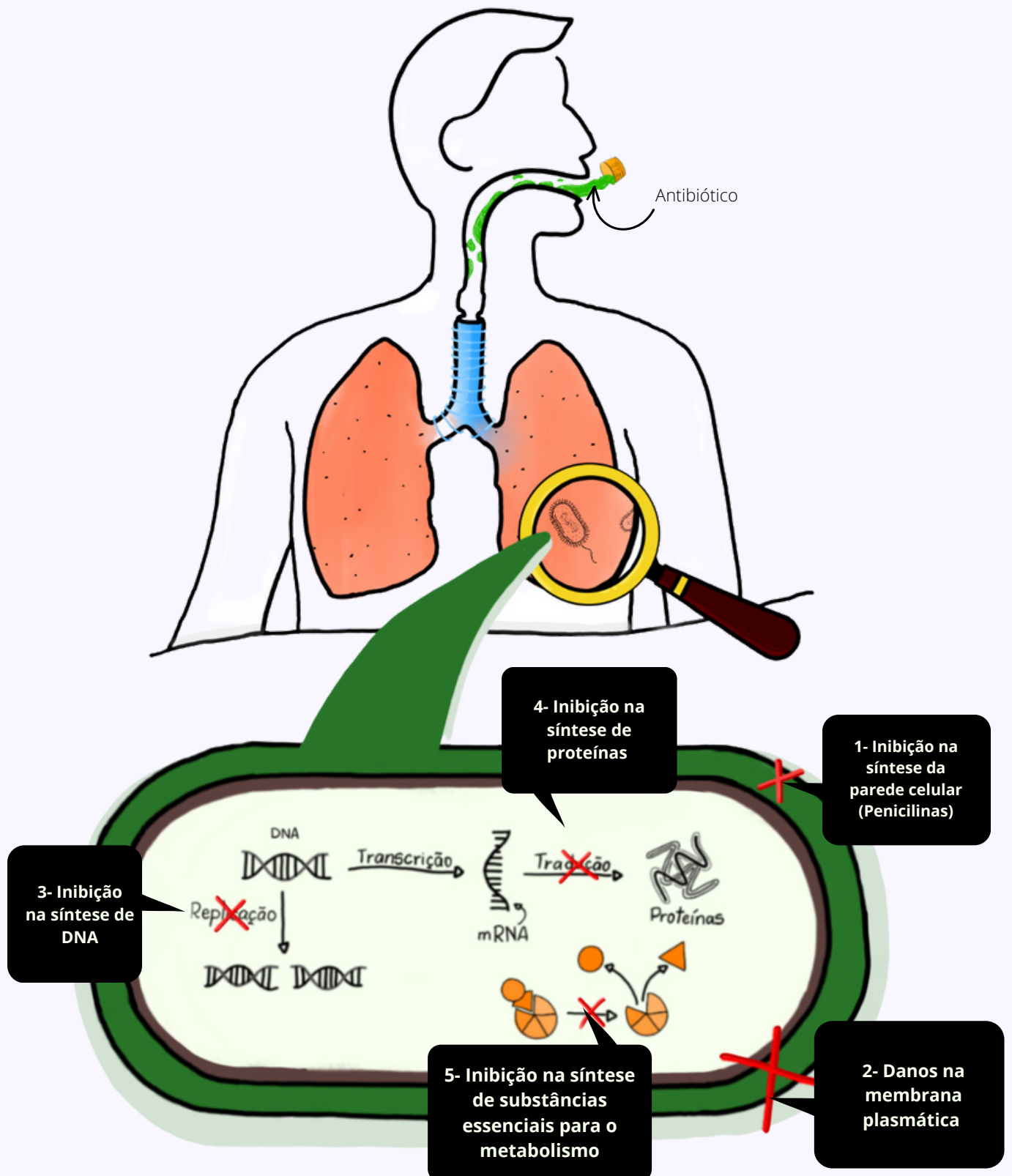
De forma geral, os antibióticos agem de modo a impedir a proliferação bacteriana, seja destruindo alguma estrutura ou inibindo algum processo essencial para a sobrevivência desse microrganismo. Assim, os medicamentos que tem como meio de ação inibir de alguma forma o crescimento da bactéria são conhecidos como bacteriostáticos. Já os fármacos que tem como forma de ação a destruição direta daquele microrganismos, causando sua morte, são chamados de bactericidas.

Pensando nisso podemos entender que nem todo antibiótico tem como objetivo causar a morte de todas as bactérias ligadas aquela infecção, e sim controlar aquela população e permitir que nosso sistema imune possa lidar mais facilmente com as sobreviventes.



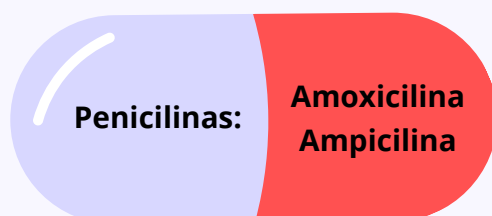


A figura abaixo reúne os principais alvos e mecanismos de ação das principais classes de antibióticos:

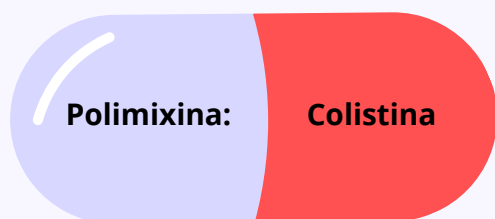


## Exemplos de antibióticos que:

1 - Inibem a síntese da  
parede celular



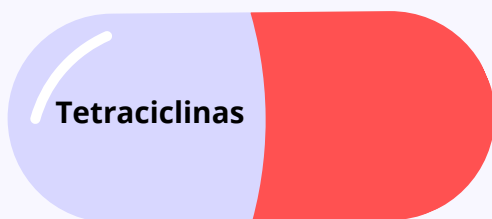
2 - Causam danos na  
membrana plasmática



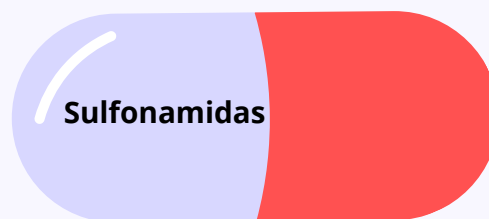
3 - Inibem a síntese de  
DNA



4 - Inibem a síntese de  
proteínas



5 - Inibem a síntese de  
substâncias essenciais para o  
metabolismo



# **AGORA É COM VOCÊ!**

**Já sabemos os mecanismos de ação dos antibióticos e que eles interferem no metabolismo das bactérias.**

**1- Por meio de uma pesquisa determine qual a influência da interferência dos antibióticos em cada uma das cinco estruturas e funções demonstradas na figura 1 e, diga porque essas influências podem ocasionar a melhora no quadro clínico do paciente acometido.**

## MÓDULO 3

# VÍRUS X BACTÉRIA

O ano é 2020, o mundo encontra-se surpreso com a notícia de um vírus que está se espalhando rapidamente e que logo, passou a situação de uma epidemia para uma pandemia mundial. Que loucura as coisas ficaram, tudo

virou de cabeça para baixo e as pessoas tiveram que se reinventar, as relações mudaram e o distanciamento social era necessário para desacelerar a transmissão do Coronavírus. O medo e a angústia tomaram conta da população, o que fazer para lidar com esse agente microscópico que é tão letal? Como lidar com a COVID-19?

COVID-19



As pessoas corriam para os mercados com objetivo de arrumar um jeito de se proteger, nas prateleiras e comerciais as propagandas apresentam sabonetes e produtos que matam até 99,9% das bactérias. Mas pera lá, na pandemia a gente estava lidando com um vírus e os produtos vendidos eram para o combate das bactérias, será que eles eram eficientes para o coronavírus também?

Neste módulo, vamos explorar um pouco sobre o mundo dos vírus e das bactérias, demonstrando suas diferenças e similaridades e refletiremos sobre as medidas de enfrentamento da COVID-19 e sua relação com as superbactérias.



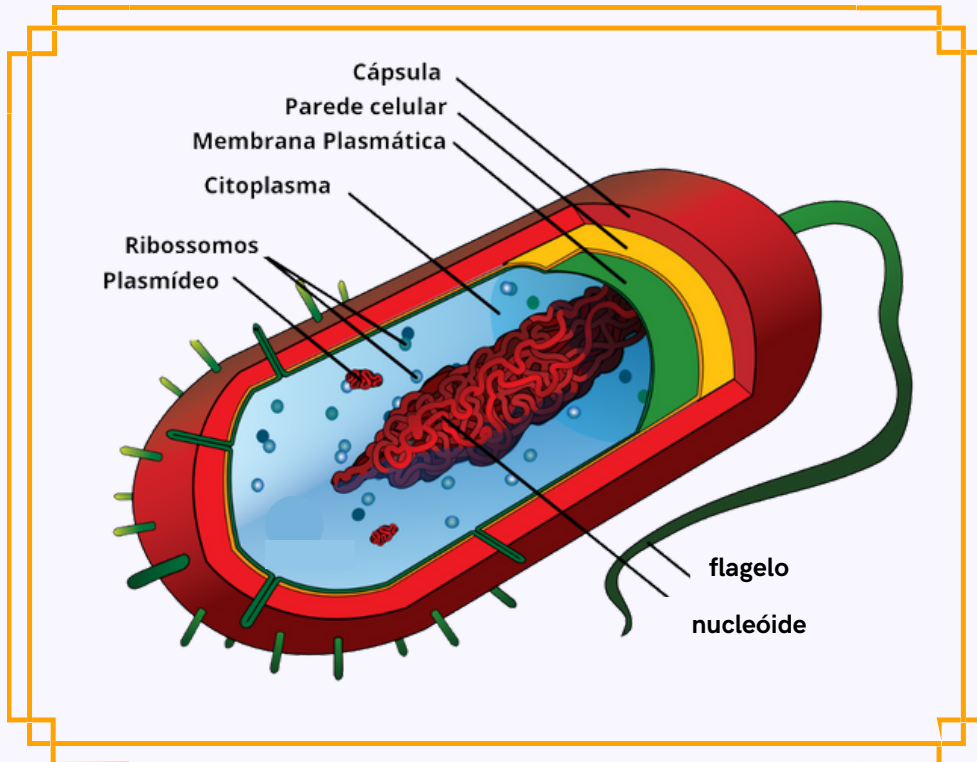
Primeiro de tudo vamos pensar na estrutura de cada um, tanto vírus como bactérias são organismos microscópicos, com potencial patogênico, isto é, com o potencial de causar doenças. Ambos possuem material genético (DNA ou RNA), e nos casos de infecção as respostas do sistema imunológico podem levar a quadros clínicos semelhantes, como os

episódios de febre. Além disso, a transmissão de infecções virais e bacterianas ocorre de modo similar, pelo contato com os objetos, comida e água, contendo aquele agente infeccioso.

E as diferenças, quais são? Bom, assim como mencionado anteriormente em relação a estrutura a similaridade se limita a serem seres microscópicos. Contudo, as bactérias costumam ser até dez mil vezes maiores que os vírus e nos casos em que há formação de colônias, estas podem ser visualizadas a olho nu, enquanto para os vírus isso é impossível, e estes só podem ser observados com auxílio de instrumentos potentes de microscopia.

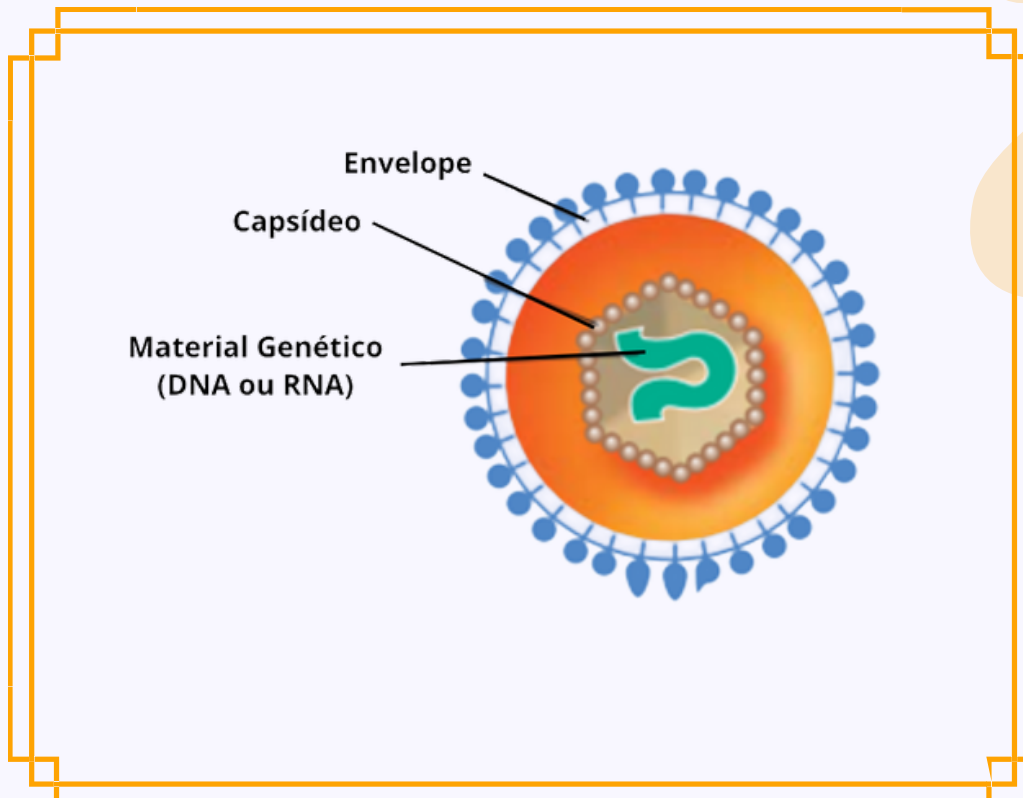
Ainda pensando sobre a estrutura, as bactérias são organismos, compostos por uma única célula, que possuem variadas estruturas e a presença de algumas organelas. Já os vírus, não são claramente definidos como organismos, uma vez que não possuem células e são compostos de poucas estruturas, impossibilitando a ideia de um metabolismo funcional.

## ESTRUTURA BACTERIANA



Fonte: Adaptado de Pixabay.

## ESTRUTURA DE UM VÍRUS ENVELOPADO

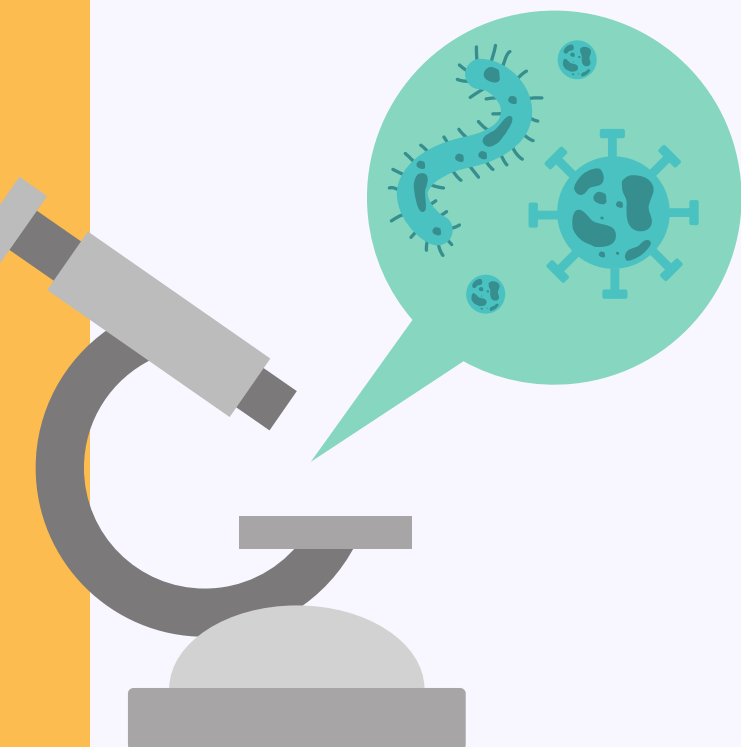


Fonte: Adaptado de Madigan et al., 2016.

Em relação ao metabolismo, as bactérias possuem um metabolismo próprio, sendo, na maioria das vezes, autônomas em sua nutrição e reprodução, uma vez que possuem a composição de organelas e mecanismos necessários para estes processos. A situação dos vírus entretanto é totalmente diferente, uma vez que estes são parasitas intracelulares obrigatórios, e isto significa que sua sobrevivência depende completamente da sua associação com outra célula.

Nesse caso, os vírus são necessariamente dependentes de uma célula para realizar as funções vitais e sem esse processo de parasitismo, não conseguem se reproduzir e dar continuidade a sua existência. E agora você pode me perguntar que tipo de célula os vírus parasitam? E eu posso te responder que todos os tipos celulares, sejam as células animais ou vegetais, o vírus pode inclusive parasitar bactéria. Então, de forma geral, o vírus se aproveita do maquinário da célula hospedeira para sintetizar seu material genético e proteínas essenciais para sua montagem e sobrevivência.

Cabe por fim destacar, que assim como as bactérias nem todo vírus é vilão para a sociedade e dessa forma, ao parasitar uma célula nem sempre os vírus causam danos a ela e ao metabolismo do organismo hospedeiro. Nesse ponto, os cientistas ainda não sabem muito sobre esses tipos de vírus, mas a ciência segue avançando.



# AGORA É COM VOCÊ!

1) Considerando as diferenças entre vírus e bactérias, e o mecanismo de ação dos antibióticos. Você acredita que os vírus sejam sensíveis aos antibióticos? Explique a sua hipótese utilizando aspectos da sua morfologia e modo de vida

2) Em relação a COVID-19 e às superbactérias, faça uma pesquisa online e defina qual a relação entre eles. Leve em consideração principalmente as medidas de prevenção às infecções virais e bacterianas e o tratamento para cada caso.

*Link* de auxílio às pesquisas:

- <https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2022/02/superbacterias-ja-eram-um-problema-mas-pandemia-pode-ter-piorado-a-situacao>
- <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-55558176>



## MÓDULO 4

# OS MECANISMOS DE RESISTÊNCIA DAS SUPERBACTÉRIA



A penicilina foi descoberta no ano de 1928 e amplamente utilizada a partir de 1940, você acredita que já nessa mesma década casos de resistência microbiano foram observados?!

Um upgrade para a humanidade, e um upgrade para as bactérias. E o que será que permitiu essa resistência?

A resistência microbiana está relacionada à habilidade obtida por uma bactéria de suportar a ação dos antibióticos, sendo assim, este medicamento não terá efeito no combate a esse microrganismo.

Em primeiro momento, é necessário refletir que essa resistência faz parte de um processo evolutivo natural, e assim, os organismos tendem a apresentar respostas evolutivas as pressões do meio, e no final só fica para contar história os adaptados. Considerando que as bactérias são seres primitivos, que já existem no planeta a muito tempo e para sobreviver foi preciso desenvolver alguma forma de lidar não só com a competição entre elas, mas também com a ação humana de uso dos antibióticos

No caso da resistência de bactérias, essa pode ser inerente ao microrganismo de acordo com alguma característica no seu material genético. Essa resistência pode estar associada a falta de um processo metabólico dessa bactéria que possa ser influenciado por esse antibiótico, ou a presença de enzimas que consigam inativar esse medicamento, ou até mesmo algumas particularidades morfológicas que não permitem a entrada ou ação do antibiótico na célula. Por isso, existem antibióticos específicos e gerais, que poderão funcionar em alguma bactéria específica que tem a propriedade alvo do medicamento.

Há também, casos de resistência adquirida por meio da ocorrência de mutações cromossômicas (DNA) ou extra cromossômicas (DNA plasmidial- moléculas de DNA circular independentes do DNA cromossômico). Em ambos os casos, essa mutação será responsável pela diminuição ou perda completa da sensibilidade daquela bactéria a determinado antibiótico. Portanto, quando se fala de resistência adquirida, refere-se a quatro mecanismos principais, estes serão os encarregados na tarefa da resistência. Sendo eles:

**1- Redução da permeabilidade da membrana celular da bactéria:** assim o antibiótico nem entra na célula, e sua ação fica bloqueada.

**2- Ação enzimática:** ação de uma enzima que destrói ou inativa o antibiótico antes que ele consiga atuar. Esse é um dos mecanismos mais importantes de resistência bacteriana. Existem três modos de ação enzimática:

- As enzimas chamadas de hidrolases estimulam a quebra da estrutura do antibiótico, adicionando a ele uma molécula de água, inativando o medicamento.
- Enzimas conhecidas como transferases promovem alterações em grupos químicos funcionais do medicamento, mudando de alguma forma a estrutura do antibiótico, fazendo com que este perca sua ação.
- O terceiro modo é relativo aos processos redox, no qual uma reação de oxidação (perda de elétrons) ou redução (recebimento de elétrons) promove a inativação do antibiótico.

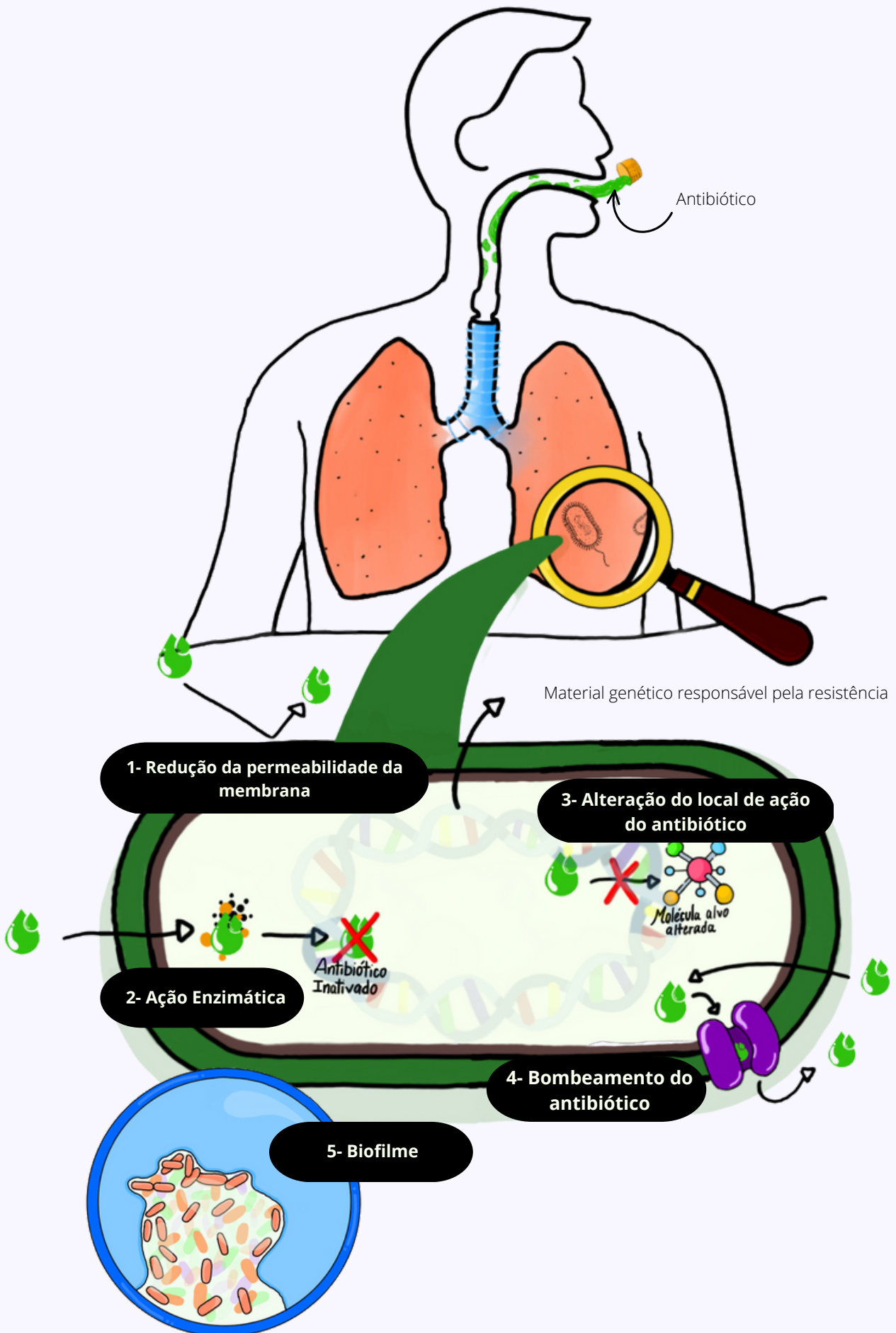


3- **Alteração do local de ação do antibiótico:** assim, o local alvo não é afetado pela ação do medicamento.

4- **Bombeamento do antibiótico para fora da célula:** Nesse mecanismo de resistência existe na membrana plasmática da bactéria proteínas, que funcionam como portas por onde o antibiótico é jogado para fora da célula bacteriana.

5- **Biofilme:** Os biofilmes são comunidades de bactérias que vivem juntas protegidas por algumas substâncias, principalmente açúcares, criados pelas próprias bactérias. Essas substâncias formam um tipo de película que promove a fixação dessas bactérias em uma superfície, com ou sem vida, e protege aquela comunidade. Nesse caso, esse mecanismo vai impedir que o antibiótico tenha contato direto com aquelas bactérias e não consiga realizar seu mecanismo de ação.

# MECANISMOS DE RESISTÊNCIA



E não para por aí, quando uma bactéria desenvolve resistência a um determinado antibiótico, ela pode compartilhar essa resistência com outros. É isso mesmo que você leu, elas compartilham os genes de resistência do mesmo modo que você compartilha figurinhas do *whatsapp* com seu amigo. São três mecanismos principais por meio do qual uma bactéria pode possibilitar que outra bactéria se torne resistente.

## TRANSMISSÃO DE GENES DE RESISTÊNCIA

**1- Conjugação:** Processo no qual há transferência de material genético entre uma bactéria e outra pelo contato, com ajuda de uma estrutura que promove essa aproximação conhecida como pilus sexual.

**2- Transformação:** Acontece quando uma célula bacteriana com genes de resistência sofre lise (ruptura da membrana plasmática) e com isso, seu material genético fica disperso no meio e é capturado por outra célula bacteriana.

**3- Transdução:** Processo no qual ocorre a transferência de material genético por meio de um bacteriófago (um tipo de vírus que infecta apenas bactérias). Assim, quando por meio do seu processo replicativo, o vírus incorpora o seu material genético ao da bactéria, este pode dessa forma, transmitir genes de resistência entre as bactérias.

Por meio desses mecanismos de troca de informação genética, uma resistência que se desenvolve pode ser rapidamente espalhada entre uma comunidade bacteriana, e dessa maneira o caos se instala formando-se uma comunidade resistente. Isso porque, ao se utilizar aquele antibiótico sobre essa comunidade serão selecionadas de modo vantajoso as bactérias com esses genes "especiais" e morrerão somente as que não apresentarem essas características.



Cabe também refletir na ideia de um “capitalismo genético”, no qual as bactérias resistentes não tendem a perder essa característica especial. Assim, estas podem acumular outros genes que as tornam mais resistentes ainda, principalmente por estarem sempre expostas a pressão seletiva dos antibióticos. E nesse caso a situação fica cada vez mais difícil para a humanidade, e as Superbactérias surgem acumulando genes de resistência e pontos de vitória!

# AGORA É COM VOCÊ!

- 1) De que forma os antibióticos são responsáveis pela resistência microbiana?
- 2) Faça desenhos esquemáticos de modo a retratar as formas de transmissão dos genes de resistência entre bactérias.

## MÓDULO 5

# HUMANIDADE X SUPERBACTÉRIAS

O ser humano moderno (*Homo sapiens*) surgiu no planeta de modo considerado recente pelos cientistas, algo em torno de 300 mil a 200 mil anos atrás. Pode parecer muita coisa, mas se a gente considerar por exemplo que as bactérias já existem a cerca de 3,5 bilhões de anos, a presença da humanidade na história do planeta representa quase como um pequeno grão de areia em uma praia inteira. Mas, desde que o ser humano apareceu na história ele se estabeleceu ocupando os lugares mais variados ao longo do globo, e desenvolvendo estratégias para sua permanência.



Desde o início do seu surgimento até os dias atuais, o homem foi constituindo estratégias de ocupação do planeta, primeiramente por meio da expansão da agricultura, passando para o desenvolvimento industrial. Nesse processo, o planeta experienciou um impacto na natureza nunca visto antes em todos os seus 4,5 bilhões de anos de existência.

Esse nova era geológica de dominação humana é conhecida como **Antropoceno**, representando esse período em que o homem se tornou maior a força impulsionadora da degradação ambiental.





O progresso da humanidade caminha em direção a criação de novos produtos e substâncias, que têm impacto sobre a natureza, e ao certo não é possível estimar o quanto vai ficar a conta da humanidade ao final da noite. A consequência da influência humana sobre a natureza já pode ser vislumbrada na falta de recursos e nas catástrofes ambientais que constantemente enfrentamos.



A própria COVID-19 evidenciou que o crescimento populacional e sua constante interferência em uma natureza equilibrada, pode representar muitas perdas para a humanidade.

Não há então como negar, que o processo de surgimento das Superbactérias está também intimamente relacionado com o Antropoceno e as transformações experimentadas pela natureza devido a ação humana. Levando em conta, como foi abordado no módulo 1, que a nossa ação não se restringe somente ao uso indiscriminado dos fármacos e podemos influenciar também por meio do descarte incorreto dos antibióticos, que no meio ambiente poderão representar uma pressão evolutiva relevante para o surgimento das Superbactérias.

Importante considerar também, o envolvimento da sociedade na circulação das Superbactérias, que podem transitar entre pessoas e animais por meio da alimentação e os diferentes contatos sociais.

# AGORA É COM VOCÊ!

Após ter assistido o vídeo “O Apocalipse dos Antibióticos Explicado” (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xZbcwi7SfZE>), e realizado a leitura do módulo 5, responda o que se pede:

- 1) Qual a influência do Antropoceno e do processo de globalização na circulação das Superbactérias?
- 2) Porque as Superbactérias representam um risco para a saúde global? Pesquise sobre duas espécies de superbactérias (*Staphylococcus aureus* e *Klebsiella pneumoniae*), e apresente a quais medicamentos esses microrganismos são resistentes e qual a maior preocupação relacionada a eles.

## MÓDULO 6

### PRÓXIMOS PASSOS

Conhecendo o problema das Superbactérias e entendendo a sua gravidade, agora está na hora da sociedade arregaçar as mangas e começar a trabalhar. Mas e aí, quais serão os próximos passos?

Primeiro de tudo, é importante reconhecer que se a humanidade não agir em conjunto na batalha contra as superbactérias, a realidade de uma simples infecção se tornar a causa de muitas mortes pode voltar a ser comum. Assim, considerando todo esse problemão que arrumamos, em 2015 a Organização Mundial da Saúde (OMS) montou um plano de ação global na luta contra a resistência antimicrobiana.

Nesse plano, é abordado de modo geral o combate a resistência de diferentes microrganismos, incluindo bactérias, vírus, fungos e parasitas, e a ação dos medicamentos antimicrobianos. Contudo, levando em conta que a resistência a antibióticos é a crise de maior urgência da humanidade, que se espalha rapidamente, o enfoque volta-se então para elas, as superbactérias.

O plano define 5 objetivos, sendo eles:

- Melhorar a conscientização e a compreensão da resistência antimicrobiana por meio de comunicação eficaz, educação e formação;
- Fortalecer o conhecimento e a base de evidências por meio de vigilância e pesquisa;
- Reduzir a incidência de infecções através de medidas eficazes de saneamento, higiene e prevenção de infecções;
- Otimizar a utilização de medicamentos antimicrobianos na saúde humana e animal, de forma consciente e moderada;
- Desenvolver o argumento econômico para o investimento sustentável que tenha em conta as necessidades de todos os países e aumentar o investimento em novos medicamentos, ferramentas de diagnóstico, vacinas e outras intervenções.

Dessa forma, podemos ver que os esforços na luta contra a resistência antimicrobiana envolvem diferentes setores da sociedade trabalhando juntos. E no final das contas você acredita que as ações param por aqui? A resposta mais adequada é que não podemos parar de jeito nenhum, uma vez que ao mesmo tempo em que avançamos no sentido de combater a resistência, as bactérias também avançam no sentido de se tornarem mais resistentes.

Além das ações dos setores de saúde, é muito importante também as ações no campo da pesquisa, em direção ao entendimento de como funciona a resistência dos microrganismos.



A natureza encontra-se em um constante processo de adaptação e as mudanças não param de acontecer. Portanto, a ciência precisa acompanhar essas mudanças e caminhar rumo ao estabelecimento de uma relação mais harmônica com a natureza.

Lembrando sempre que toda história tem dois pontos de vista e que todo mundo pode ser o vilão na história de alguém. Na luta da Humanidade versus as Superbactérias para você, quem é o vilão?



# AGORA É COM VOCÊ!

1) Quais os riscos para o setor econômico e de saúde pública, em relação ao problema das Superbactérias?

2) Pesquise e descreva qual a participação do Brasil no contexto do enfrentamento à resistência bacteriana?

Dica de site para consulta-  
<https://www.cnnbrasil.com.br/saude/entenda-o-que-sao-superbacterias-e-por-que-elas-ameacam-a-saude-publica-global/>

# AGORA É COM VOCÊ!

3) Examine o refrão da música “Todo mundo explica” de Raul Seixas e explique o que você entende com este verso.

“O que é que a ciência tem?  
Tem lápis de calcular  
Que é mais que a ciência tem?  
Borracha pra depois apagar”

# AGORA É COM VOCÊ!

4) Leia e analise a reportagem "**Chega ao Brasil novo antibiótico contra superbactérias**", em seguida relacione as informações da notícia com a resposta da questão anterior (3).

**Notícia disponível em:**

<https://veja.abril.com.br/saude/chega-ao-brasil-novo-antibiotico-contra-superbacterias/>)



## REFERÊNCIAS DE SUPORTE PARA O PROFESSOR

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resistência Microbiana- Mecanismos e impacto clínico.** Disponível em: <[https://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/rede\\_rm/cursos/rm\\_controle/opas\\_web/modulo3/mec\\_sitio.htm](https://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/rede_rm/cursos/rm_controle/opas_web/modulo3/mec_sitio.htm)>. Acesso em: 20 set. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Uso Consciente de Medicamentos. Superbactérias: de onde vêm, como vivem e se reproduzem.** 12 nov. 2018. Disponível em: <[http://antigo.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_assetEntryId=5097813&\\_101\\_type=content&\\_101\\_groupId=219201&\\_101\\_urlTitle=superbacterias-de-onde-vem-como- vivem-e-se-reproduz-1&inheritRedirect=true](http://antigo.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=5097813&_101_type=content&_101_groupId=219201&_101_urlTitle=superbacterias-de-onde-vem-como- vivem-e-se-reproduz-1&inheritRedirect=true)>. Acesso em: 10 set. 2022.

BAPTISTA, Maria Galvão de Figueiredo Mendes *et al.* Mecanismos de resistência aos antibióticos. 2013. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <<https://recil.ensinolusofona.pt/handle/10437/3264>>. Acesso em: 10 set. 2022.

BRIGGS, Helen. **Nova pesquisa revela 'localização exata' do aparecimento do homem moderno.** BBC NEWS BRASIL, 29 out. 2019. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-50218755>>. Acesso em: 05 set, 2022.

**Causas do COVID-19 incluem ações humanas e degradação ambiental,** apontam estudos. Environment Programme, 22 mai. 2022. Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/causas-do-covid-19-incluem-acoes-humanas-e-degradacao-ambiental>>. Acesso em: 10 set. 2022.

DINIZ ALVES, José Eustáquio. **Antropoceno: a Era do colapso ambiental.** Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz. Disponível em: <<https://cee.fiocruz.br/?q=node/1106>>. Acesso em: 04 de set. 2022.

GALLAGHER, James. **A maior parte do seu corpo não é humana - e é nova aposta de cientistas para vencer doenças.** BBC NEWS BRASIL, 11 abri. 2018. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-43716220>>. Acesso em: 10 set. 2022.

MACHADO, O. V. O. et al. **Antimicrobianos: revisão geral para graduandos e generalistas.** Fortaleza: EdUnichristus; 2019. Disponível em: <<https://unichristus.edu.br/wp-content/uploads/2020/10/Antimicrobianos-Revis%C3%A3o-Geral-para-Graduandos-e-Generalistas.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2022.

## REFERÊNCIAS DE SUPORTE PARA O PROFESSOR

MADIGAN, M. T. et al. Microbiologia de Brock. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

MARSHALL, Michael. **Como surgiu o oxigênio na Terra? Ciência busca pistas de 'evento-chave'**. BBC NEWS BRASIL, 14 jan. 2016. Disponível em: <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/01/160104\\_vert\\_earth\\_oxigenio\\_origem\\_fd](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/01/160104_vert_earth_oxigenio_origem_fd)>. Acesso em: 15 set. 2022.

Núcleo de Divulgação Científica da USP. **O que as bactérias fazem em nosso corpo?** 4 dez. 2017. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/?p=2964>>. Acesso em: 10 set. 2022.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **OMS publica lista de bactérias para as quais se necessitam novos antibióticos urgentemente**. 27 fev. 2017. Disponível: <<https://www.paho.org/pt/noticias/27-2-2017-oms-publica-lista-bacterias-para-quais-se-necessitam-novos-antibioticos>>. Acesso em: 08 set. 2022.

ROCHA, Lucas. **Entenda o que são superbactérias e a ameaça global da resistência a antibióticos**. CNN Brasil, 18 nov. 2021. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/saude/entenda-o-que-sao-superbacterias-e-por-que-elas-ameacam-a-saude-publica-global/>>. Acesso em: 10 out. 2022.

SÁNCHEZ AMADOR, Samuel Antonio. **Las 3 diferencias entre virus y bacterias: ¿Cuáles son las características que permiten distinguir entre bacterias y virus?**. Psicología y Mente, 4 set, 2020. Disponível: <<https://psicologiymente.com/salud/diferencias-virus-y-bacterias>>. Acesso em: 10 set 2022.

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

WERTH, Brian J. **Visão geral dos antibacterianos**. Manual MSD, mai. 2022.  
WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **An update on the fight against antimicrobial resistance**. 24 jun. 2020. Disponível : <<https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/an-update-on-the-fight-against-antimicrobial-resistance>>. Acesso em: 08 set. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global action plan on antimicrobial resistance**. Geneva, 2015. Disponível em: <<https://www.emro.who.int/health-topics/drug-resistance/global-action-plan.html>>. Acesso em: 15 set. 2022.