



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

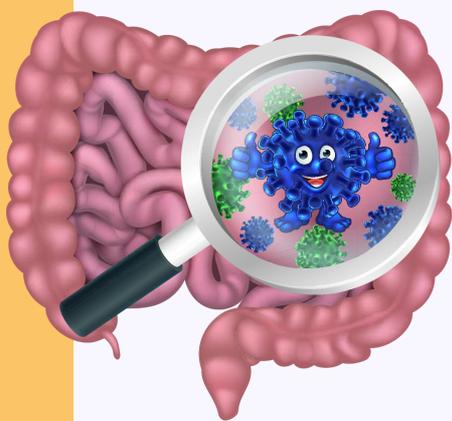
Os super-heróis são personagens fictícios, que possuem superpoderes que utilizam para combater o mal, ajudando o mundo a se tornar um lugar melhor. Eles são chamados de super e não é à toa, possuem algumas características que os distinguem de uma pessoa comum. Alguns possuem poderes ilimitados e são 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>	

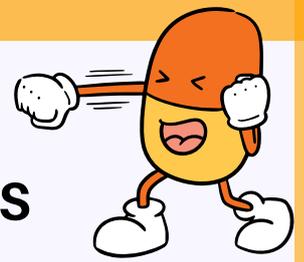
# AGORA É COM VOCÊ!

**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.

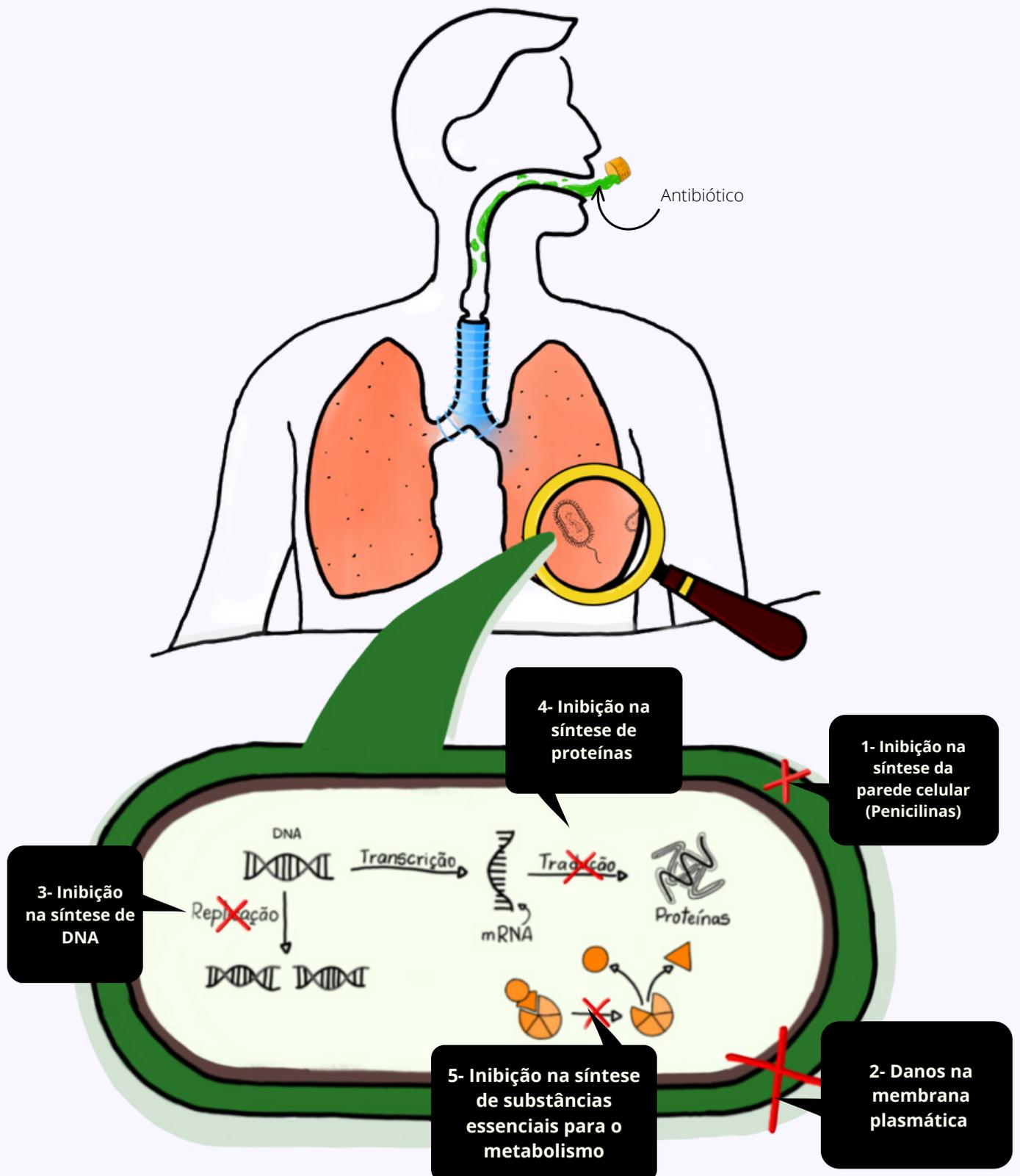
Mas e aí, qual é a forma de ação dos antibióticos que faz com que sejam tão potentes assim para inibir o crescimento das bactérias?

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

COVID-19

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?



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.



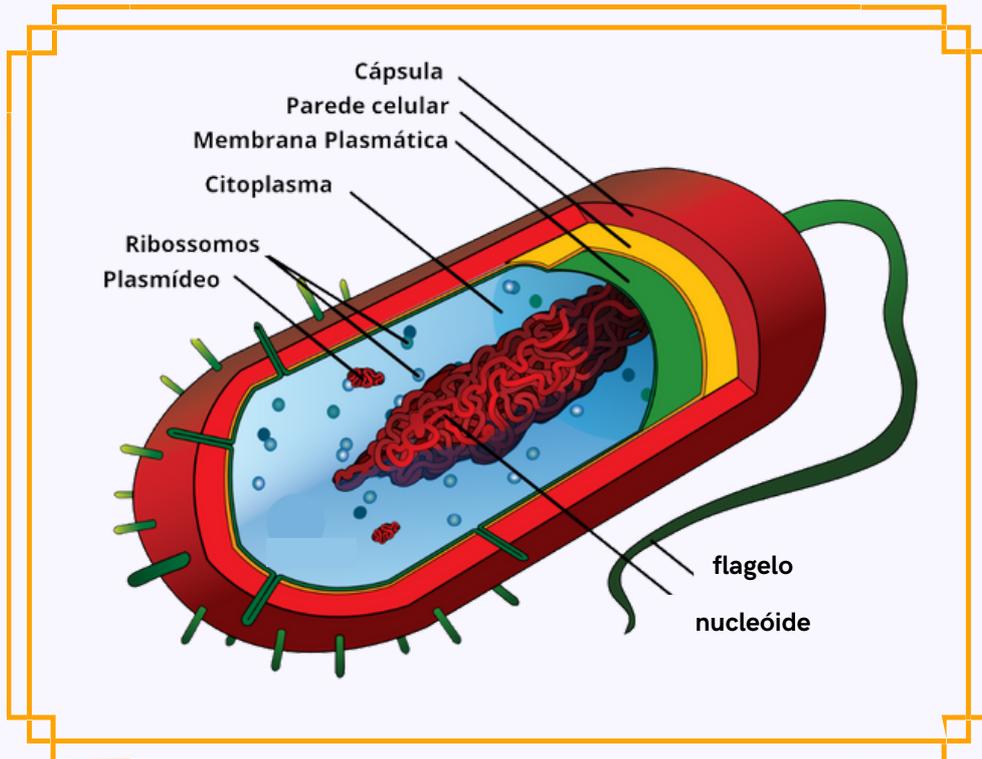
Primeiro de tudo vamos pensar na estrutura de cada um, tanto vírus como bactérias são organismos microscópicos, com potencial patogênico, isto é, com o potencial de causar doenças. Ambos possuem material genético (DNA ou RNA), e nos casos de infecção as respostas do sistema imunológico podem levar a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

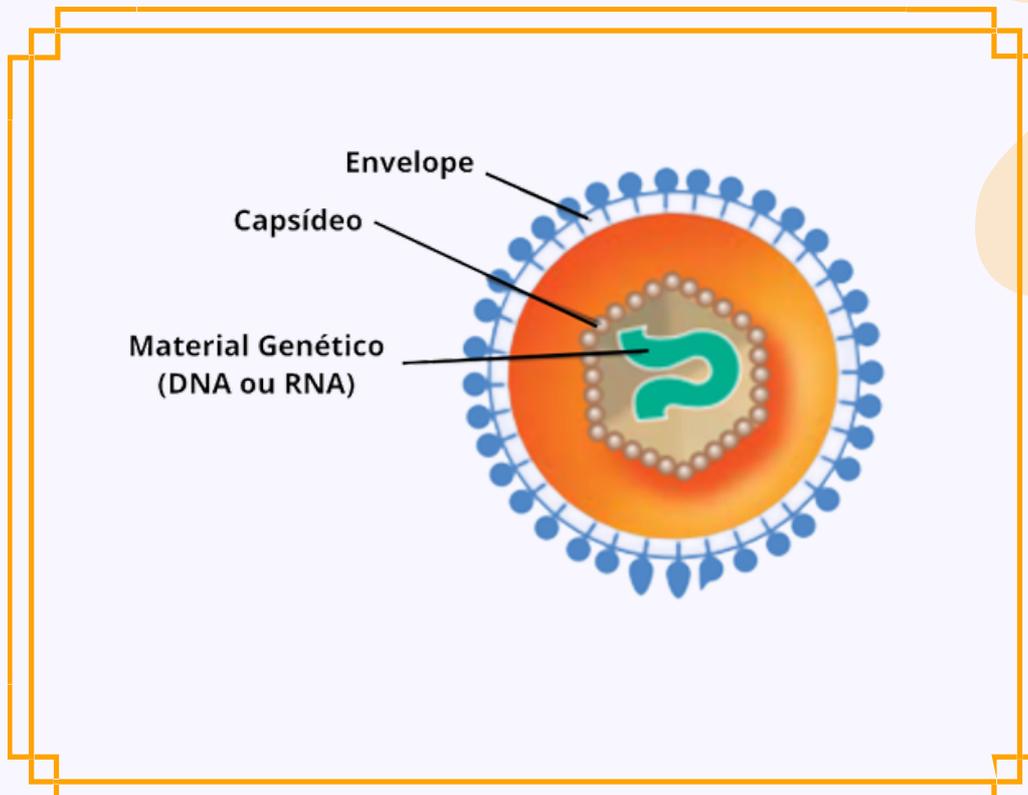
Ainda pensando sobre a estrutura, as bactérias são organismos, compostos por uma única célula, que possuem variadas estruturas e a presença de algumas organelas. Já os vírus, não são claramente definidos como organismos, uma vez que não possuem células e são compostos de poucas estruturas, impossibilitando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

## ESTRUTURA BACTERIANA



Fonte: Adaptado de Pixabay.

## ESTRUTURA DE UM VÍRUS ENVELOPADO

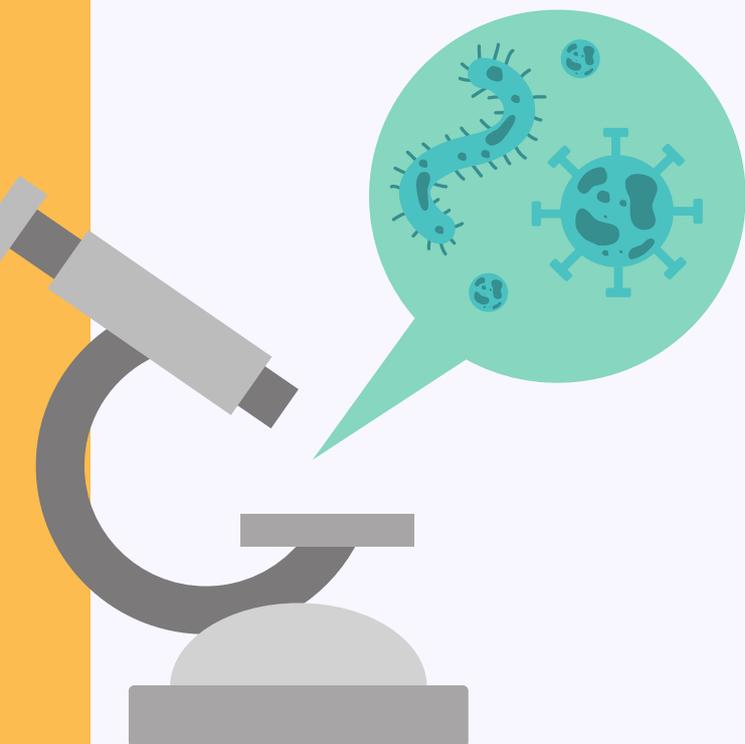


Fonte: Adaptado de Madigan et al., 2016.

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.

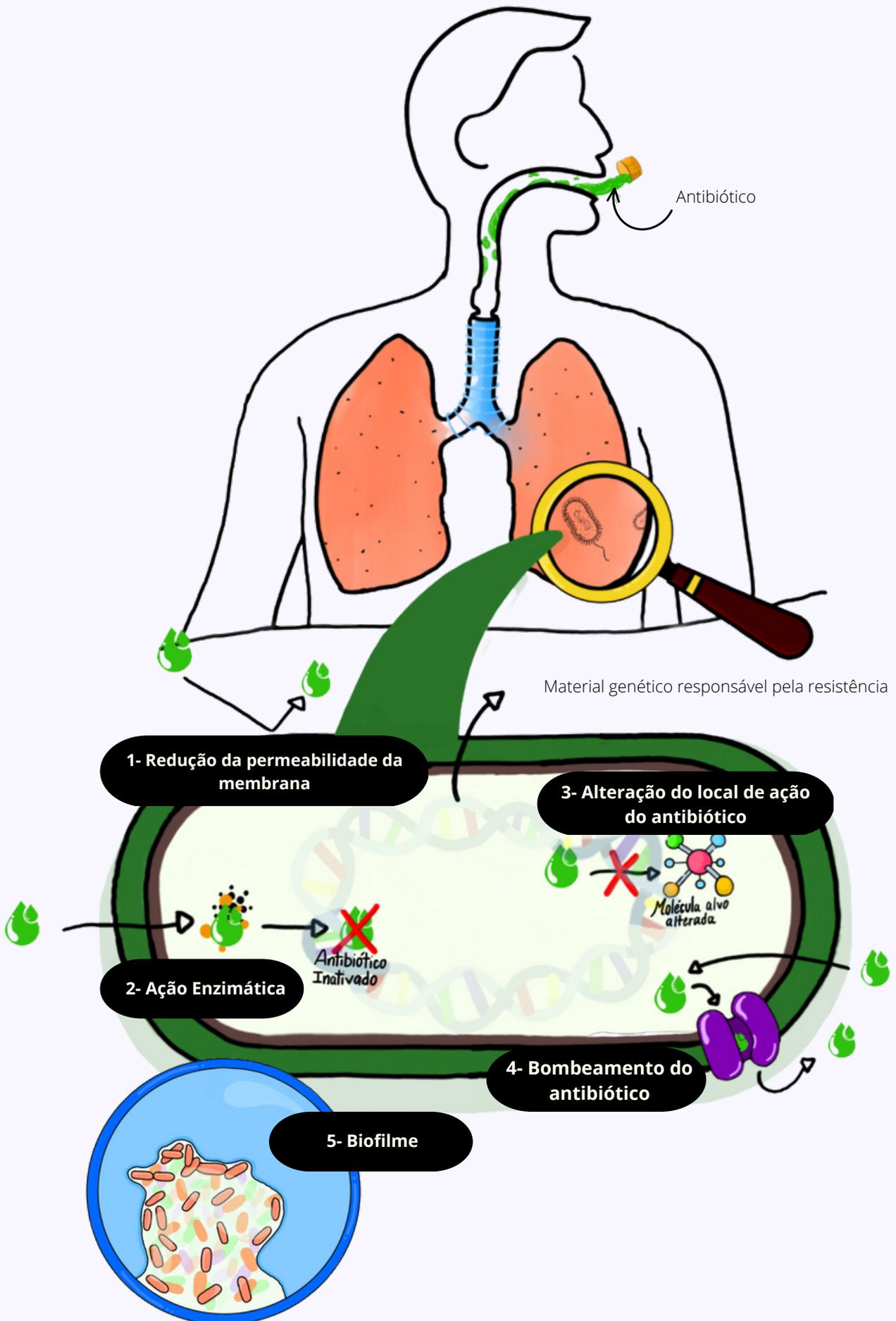


3- **Alteração do local de ação do antibiótico:** assim, o local alvo não é afetado pela ação do medicamento.

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!

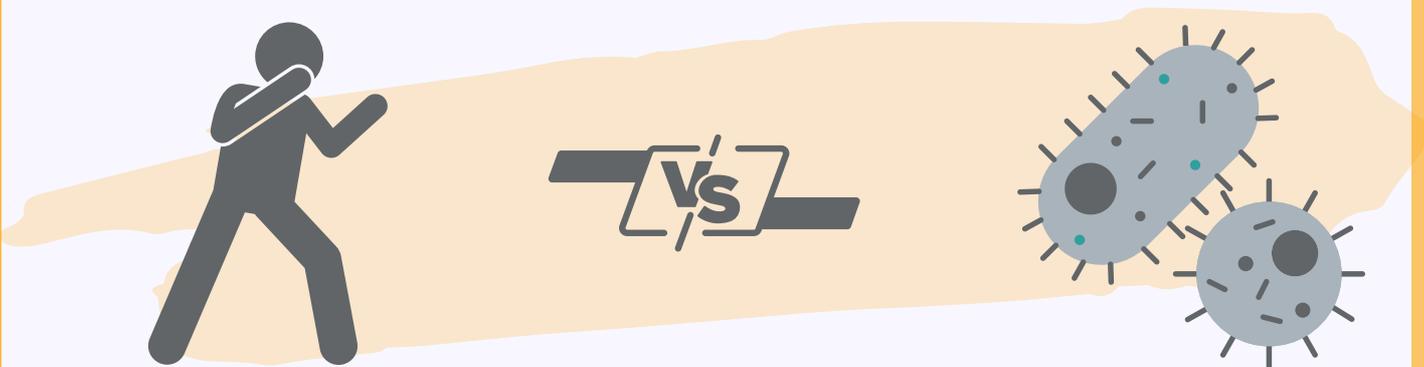
# AGORA É COM VOCÊ!

- 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

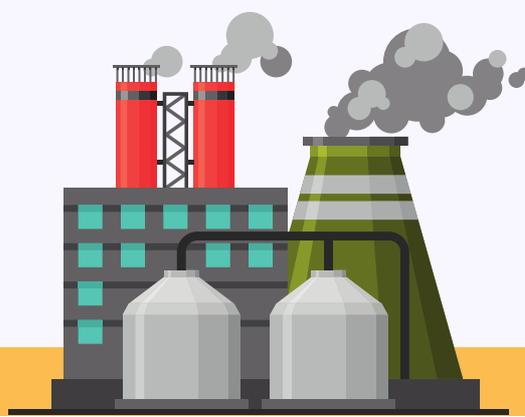
# HUMANIDADE X SUPERBACTÉRIAS

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-contrasuperbacterias/>)

## 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.