



# Comunicação

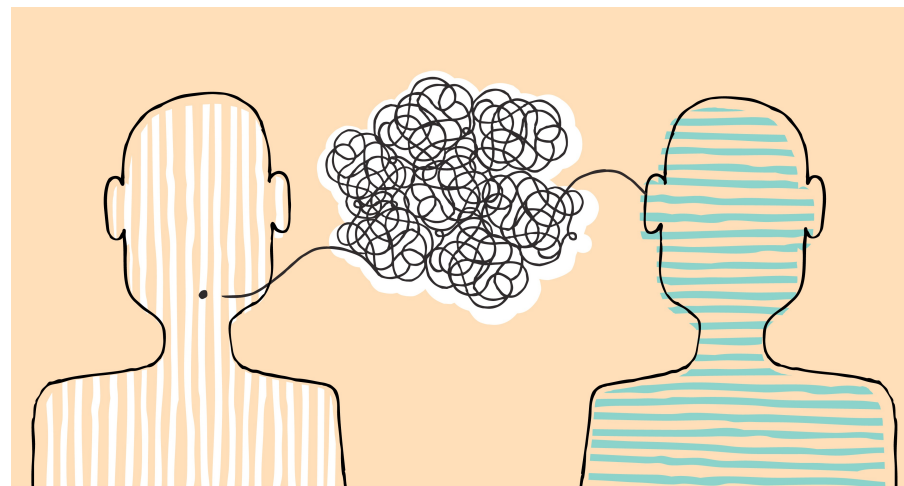
Teresa Dias

[mtdias@ciencias.ulisboa.pt](mailto:mtdias@ciencias.ulisboa.pt)

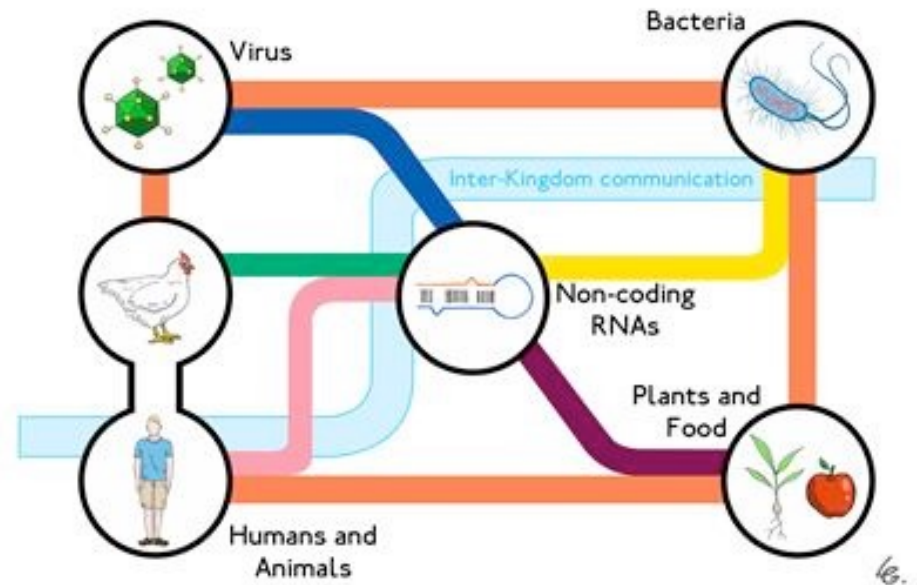


# O que é a comunicação?

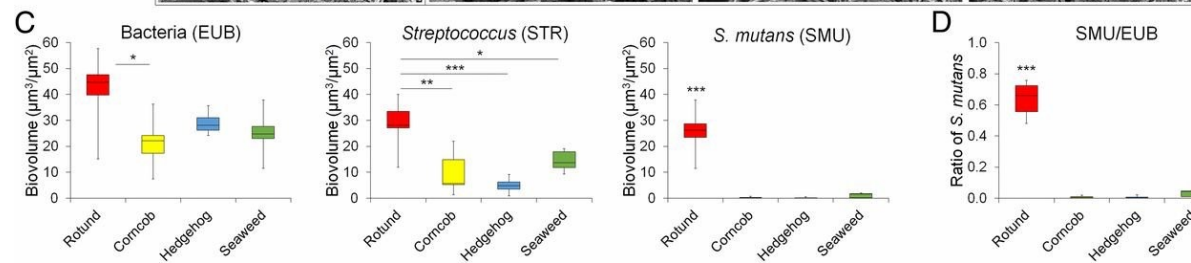
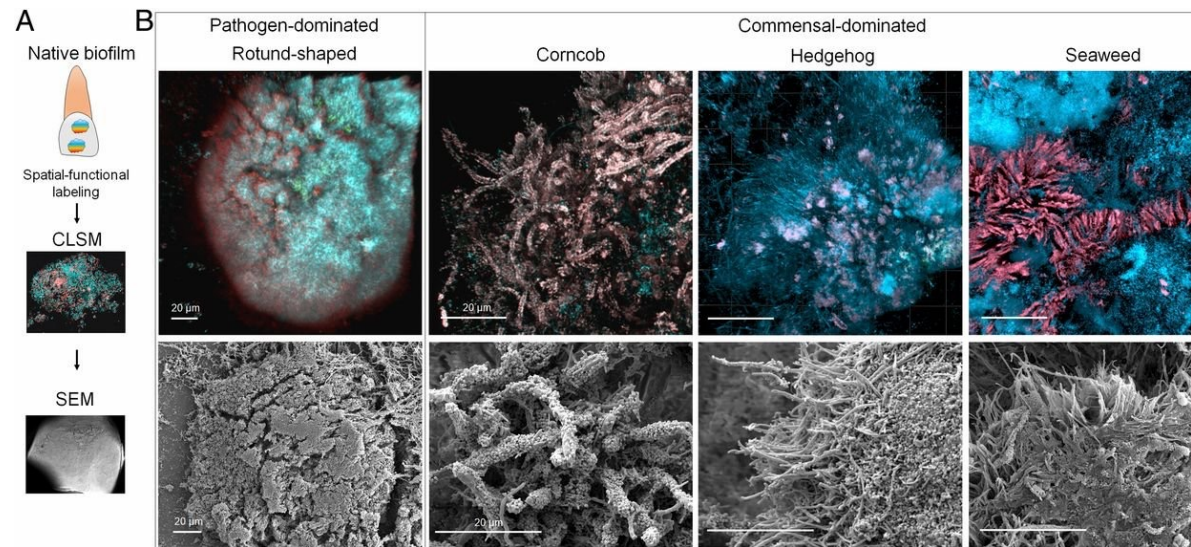
- A comunicação é um processo que envolve a **troca de informações** entre dois ou mais interlocutores por meio de signos e regras semióticas **mutuamente entendíveis**. Trata-se de um **processo social primário**, que permite criar e interpretar mensagens que provocam uma resposta (Wikipedia).
- A palavra deriva do latim *communicare*, que significa “**partilhar algo, pôr em comum**”. Portanto, a comunicação é um fenômeno inerente à relação que os seres vivos mantêm quando se encontram em **grupo**. Através da comunicação, as pessoas ou os animais **obtem notícias/informações** sobre o seu entorno e podem **partilhar** com os outros (<https://conceito.de/comunicacao>).
- **Informação**; participação; aviso.; **Transmissão**; Notícia; Passagem; Ligação; Convivência; **Relações**; Comunhão (de bens) (<https://dicionario.priberam.org/comunica%C3%A7%C3%A3o>).
- Communication is the process of sending and receiving messages through verbal or nonverbal means, including speech, or oral communication; writing and graphical representations (such as infographics, maps, and charts); and signs, signals, and behaviour. More simply, communication is said to be "the creation and exchange of meaning." (<https://www.thoughtco.com/what-is-communication-1689877>)



Quem comunica?



Quem comunica?

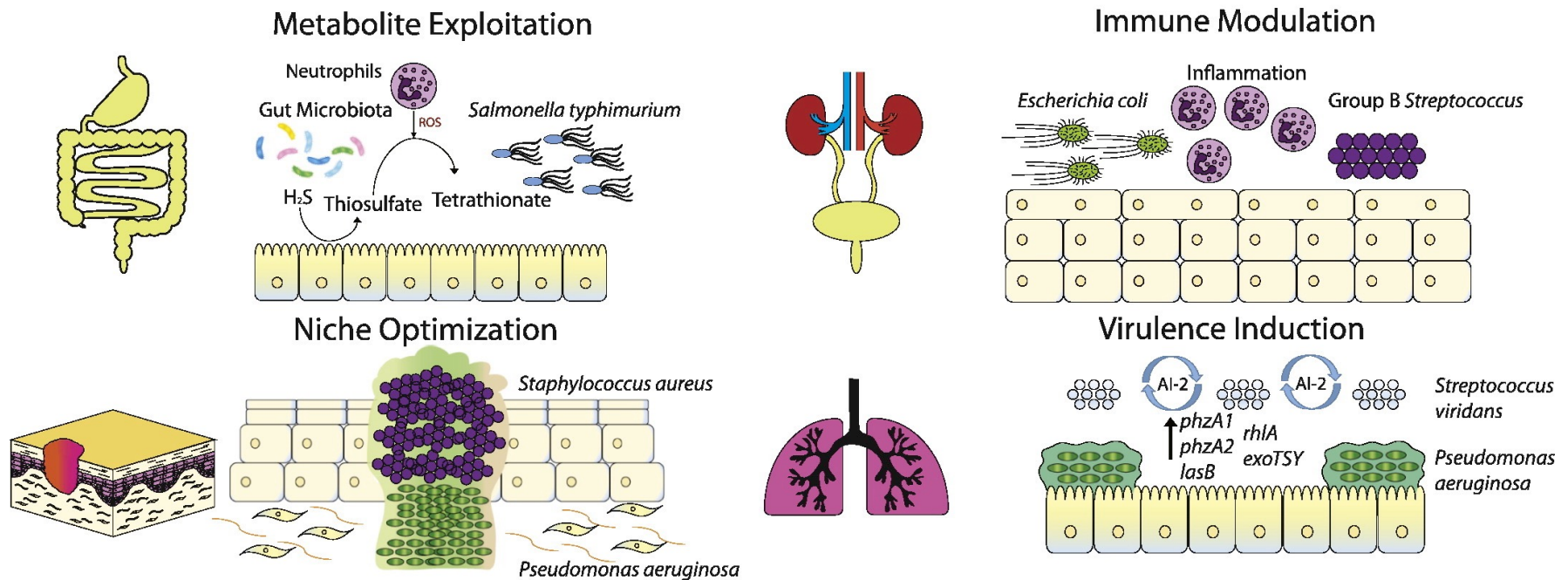


A maioria das bactérias e dos fungos fazem parte de comunidades polimicrobianas!

Kim et al. 2020 PNAS ,  
 Spatial mapping of polymicrobial communities reveals a precise biogeography associated with human dental caries

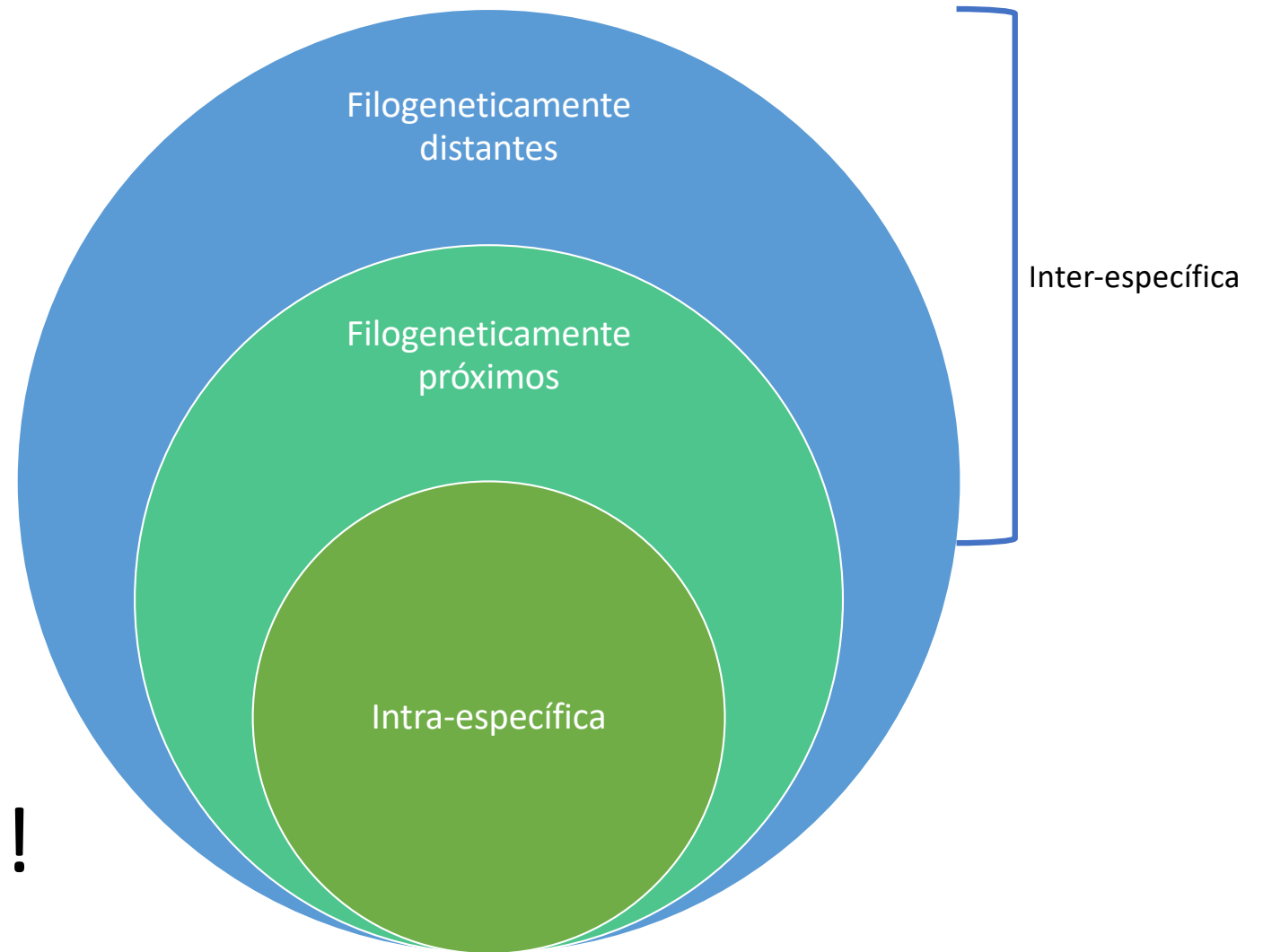
O comportamento (microbiano) é modulado pelos organismos vizinhos

## Polymicrobial Interactions



Tay et al. 2016, Polymicrobial–Host Interactions during Infection

Todos  
comunicam!!





## Interações / comunicação

**Intra-específica** é essencial para os mecanismos e estratégias de sobrevivência

exemplos

- i. Comunidades bacterianas que se desenvolvem de forma sincronizada para fazer face a alterações ambientais
- ii. Formação de biofilmes em que bactérias e fungos partilham nutrientes e proteção

**Inter-específica** pode ter consequências diversas e profundas

exemplos

- i. Alteração da virulência de patogéneos
- ii. Alteração da resistência a antibióticos em biofilmes de várias espécies
- iii. Alteração do crescimento microbiano e da formação de biofilme
- iv. Alteração da produção de metabolitos especializados



## Tipos de interações bióticas

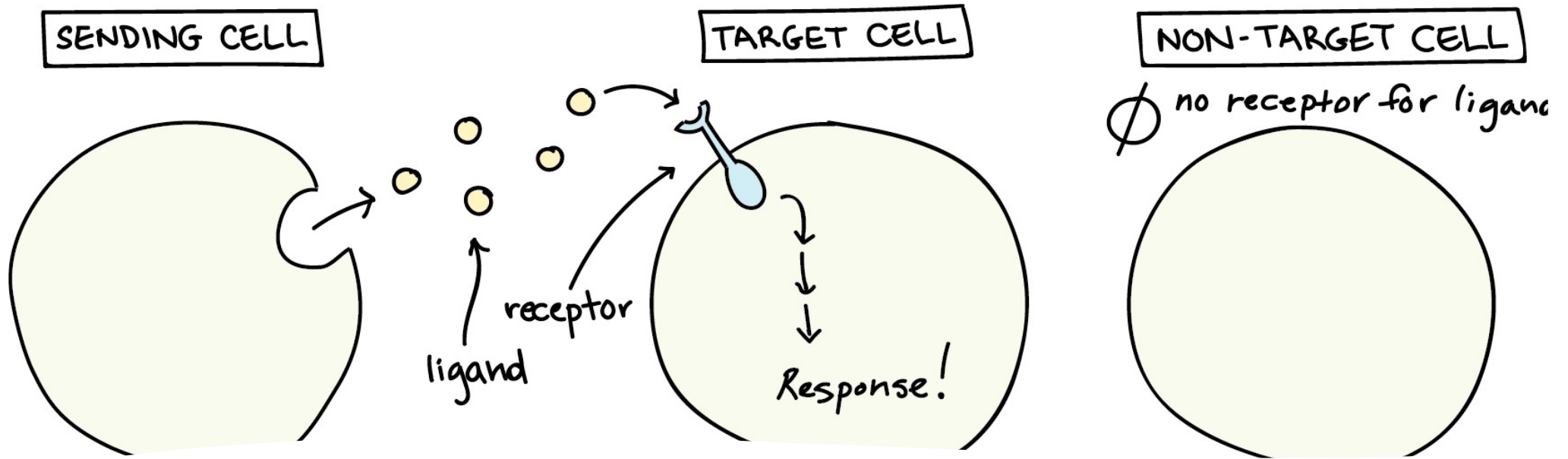
Biotic Interaction	Effect on individual A	Effect on individual B
Competition	-	-
Amensalism	-	0
Antagonism	-	+
Neutralism	0	0
Comensalism	0	+
Mutualism	+	+

### ANTAGONISTIC

- **i. Antibiosis:** Production of antibiotics or antifungal toxins by fungi and bacteria provide competitive advantage
- **ii. Physical interactions:** bacterial aggregation or organized bacterial biofilms on the surface of fungal hyphae are associated with reduced fungal viability
- **iii. Environmental modifications:** e.g., changes in pH can influence hyphae formation

### MUTUALISM

- Different species in mixed biofilm environments may protect each other against attacking immune responses or antimicrobial agents



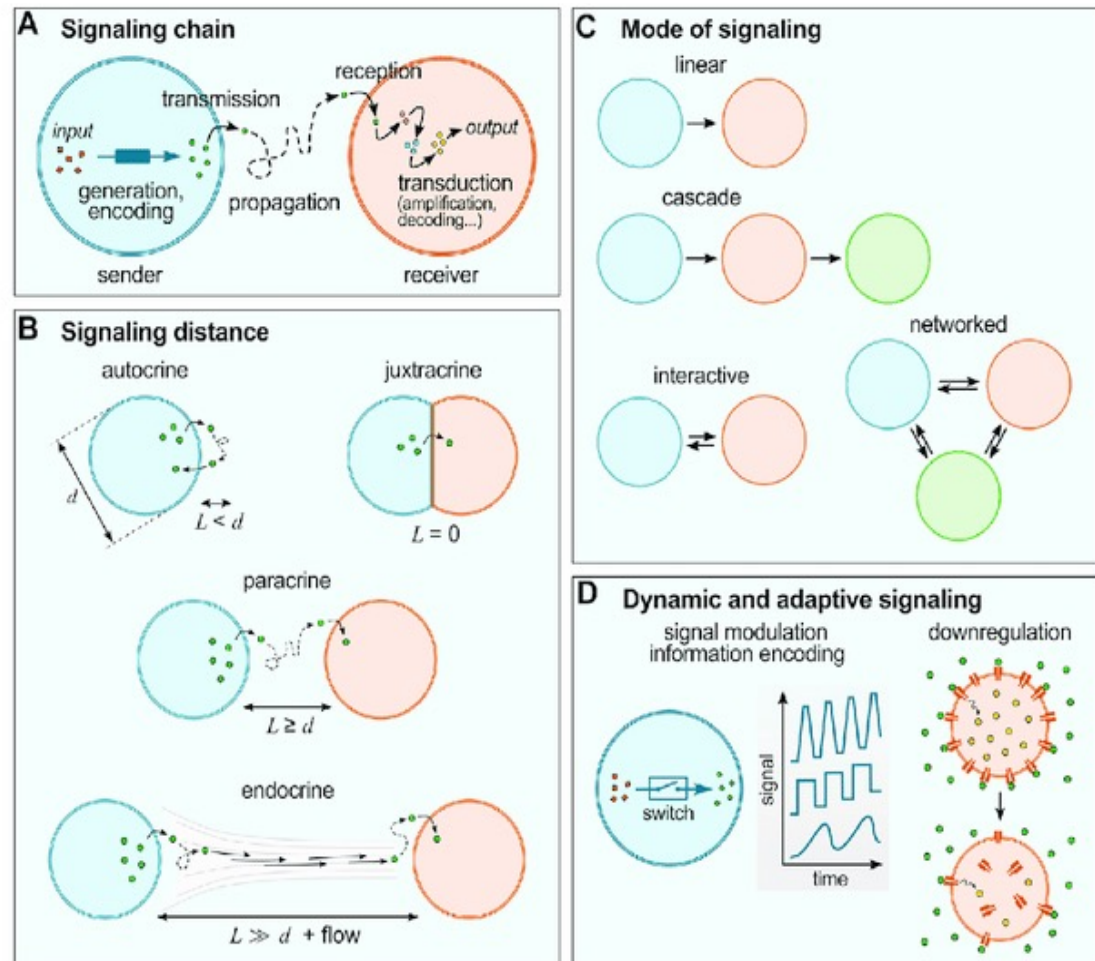
## Refinando o conceito de comunicação

- **Sinais** de origem biótica ou abiótica são **recebidos** por órgãos sensoriais (ou receptores específicos) no organismo onde o **comportamento** apropriado é gerado após interpretação interna de acordo com as experiências acumuladas (**memória**)
- As interações mediadas por sinais são uma pré-condição para toda a cooperação e coordenação **entre pelo menos 2 agentes biológicos** (células, tecidos, órgãos e organismos)
- Na maioria dos casos, os sinais são **moléculas químicas**

... o **comportamento** apropriado é gerado após interpretação interna de acordo com as experiências acumuladas (**memória**)



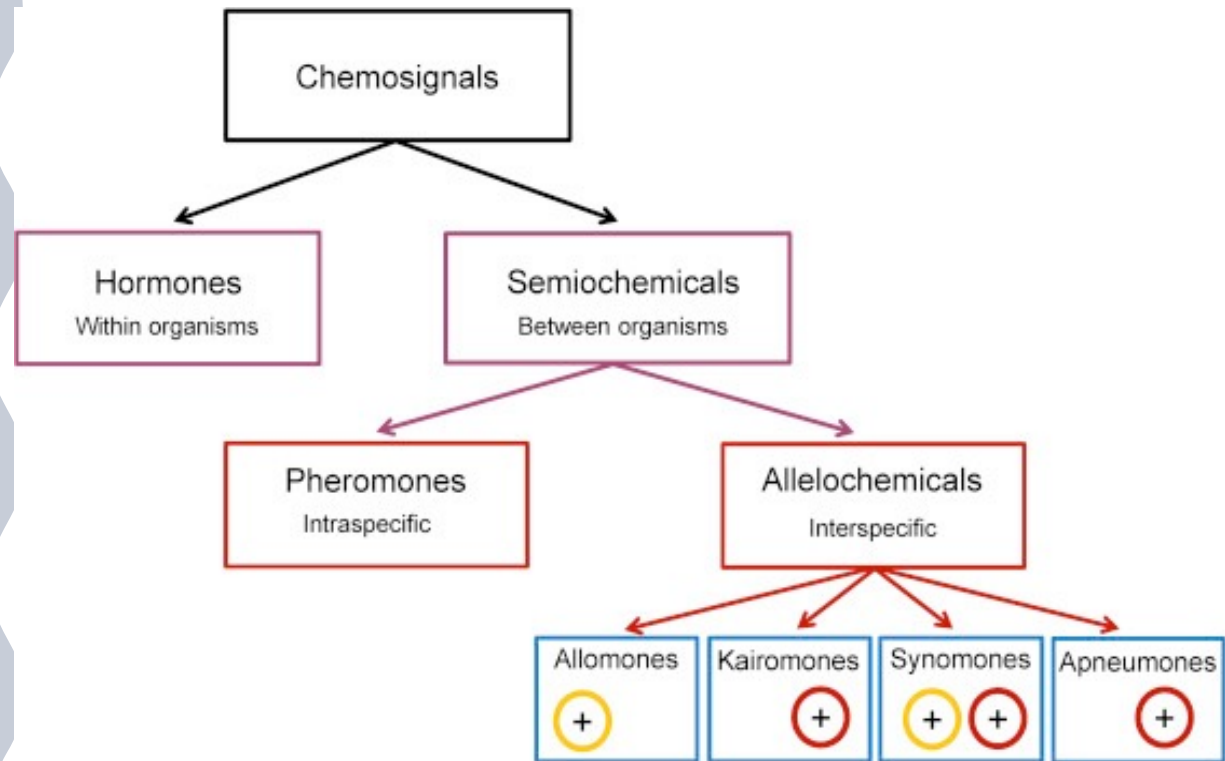
# Sinalização química



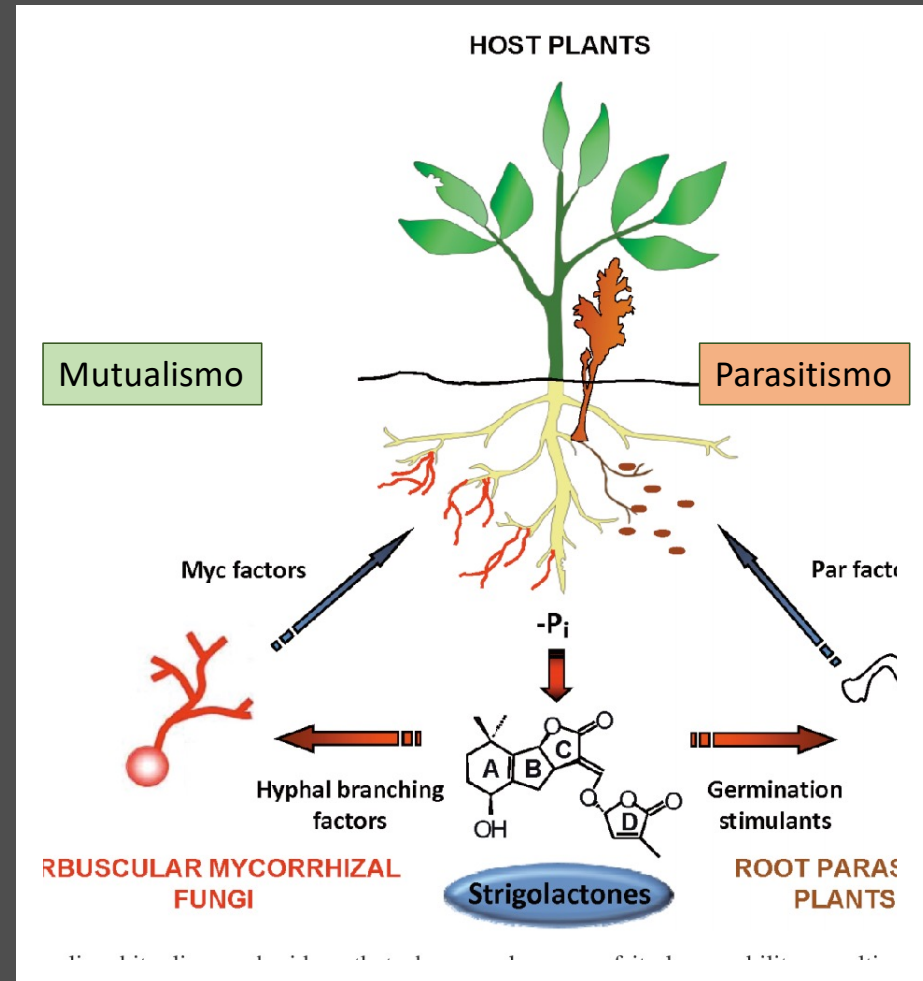
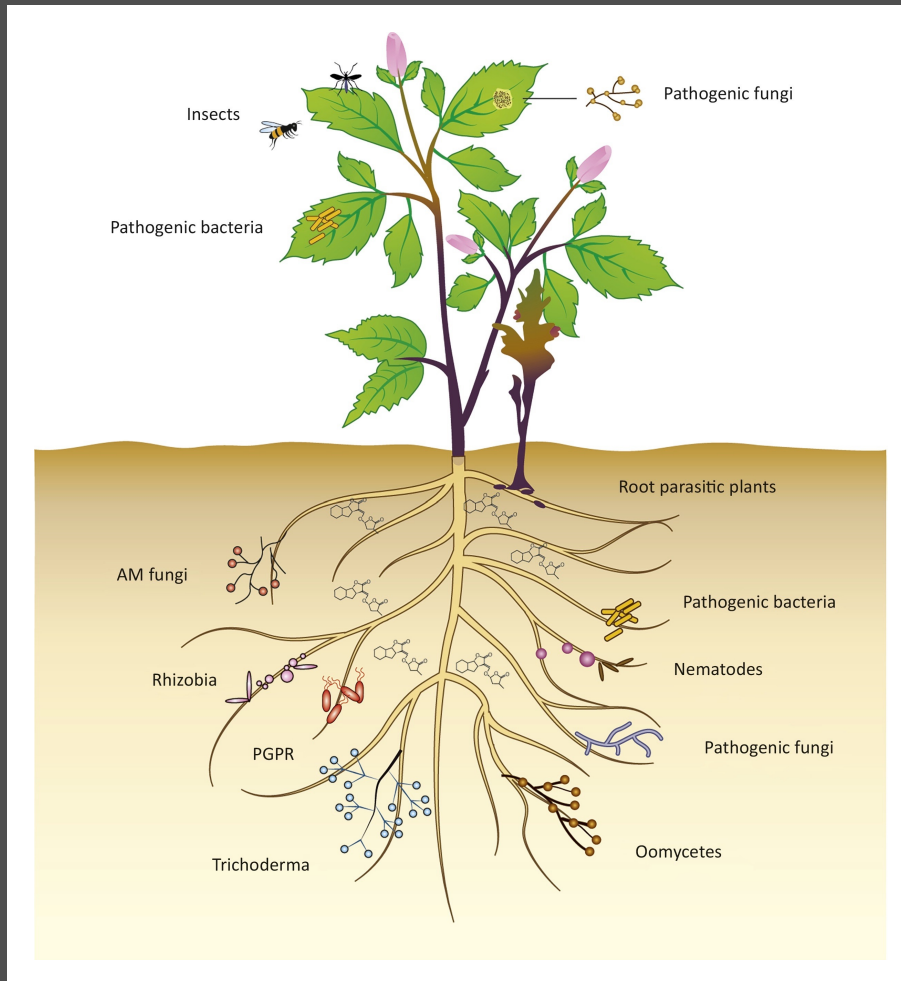
Karoui et al. 2022, Chemical Communication in Artificial Cells: Basic Concepts, Design and Challenges

# A comunicação ocorre:

- No próprio organismo – intra-organismo
- Entre organismos da mesma espécie ou espécies que partilham um repertório específico de regras e sinais – inter-organismos
- Entre espécies não relacionadas – trans-organismos



Hanson et al. 2016, Chemical ecology in insects





# Streptomyces exploration is triggered by fungal interactions and volatile signals

Stephanie E Jones<sup>1,2</sup>, Louis Ho<sup>3</sup>, Christiaan A Rees<sup>4,5</sup>, Jane E Hill<sup>4,5</sup>,  
Justin R Nodwell<sup>3</sup>, Marie A Elliot<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biology, McMaster University, Hamilton, Canada; <sup>2</sup>Michael G. DeGroot Institute for Infectious Disease Research, McMaster University, Hamilton, Canada; <sup>3</sup>Department Biochemistry, University of Toronto, Toronto, Canada; <sup>4</sup>Geisel School of Medicine, Dartmouth College, Hanover, United States; <sup>5</sup>Thayer School of Engineering, Dartmouth College, Hanover, United States

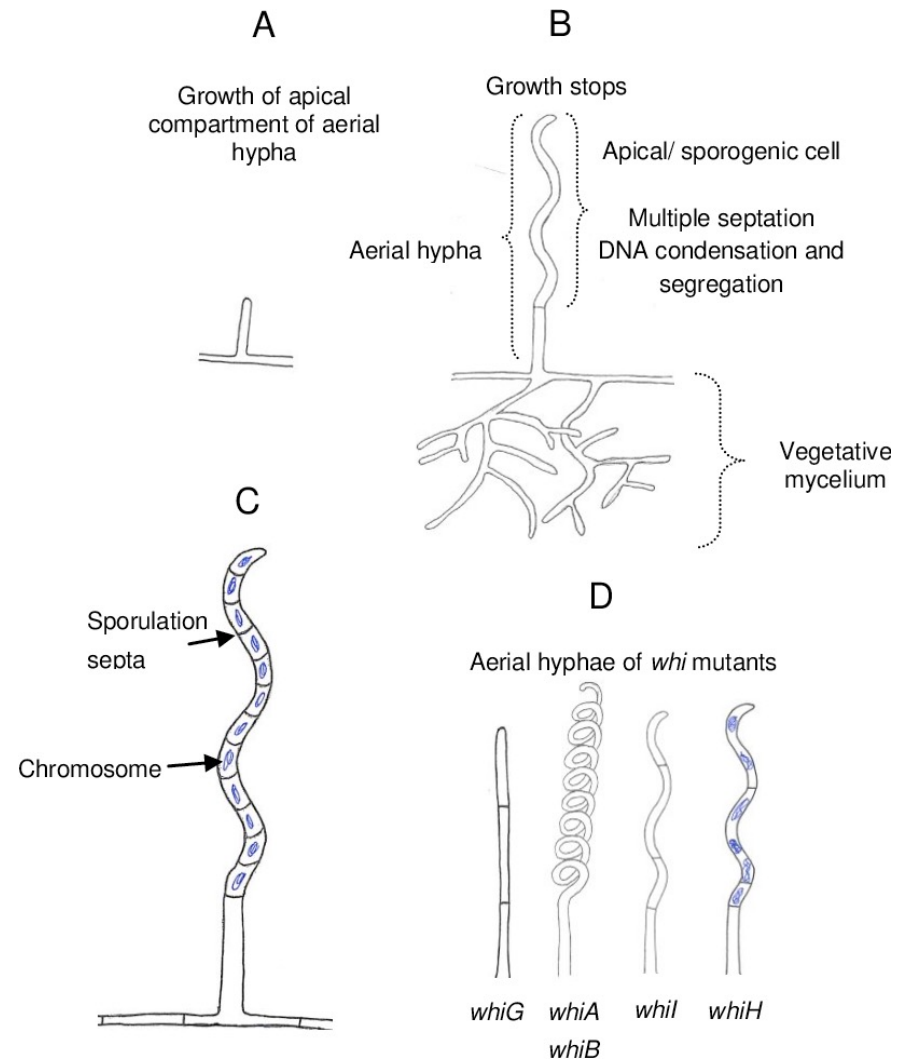
---

**Abstract** It has long been thought that the life cycle of *Streptomyces* bacteria encompasses three developmental stages: vegetative hyphae, aerial hyphae and spores. Here, we show interactions between *Streptomyces* and fungi trigger a previously unobserved mode of *Streptomyces* development. We term these *Streptomyces* cells ‘explorers’, for their ability to adopt a non-branching vegetative hyphal conformation and rapidly transverse solid surfaces. Fungi trigger *Streptomyces* exploratory growth in part by altering the composition of the growth medium, and *Streptomyces* explorer cells can communicate this exploratory behaviour to other physically separated streptomycetes using an airborne volatile organic compound (VOC). These results reveal that interkingdom interactions can trigger novel developmental behaviours in bacteria, here, causing *Streptomyces* to deviate from its classically-defined life cycle. Furthermore, this work provides evidence that VOCs can act as long-range communication signals capable of propagating microbial morphological switches.

DOI: [10.7554/eLife.21738.001](https://doi.org/10.7554/eLife.21738.001)

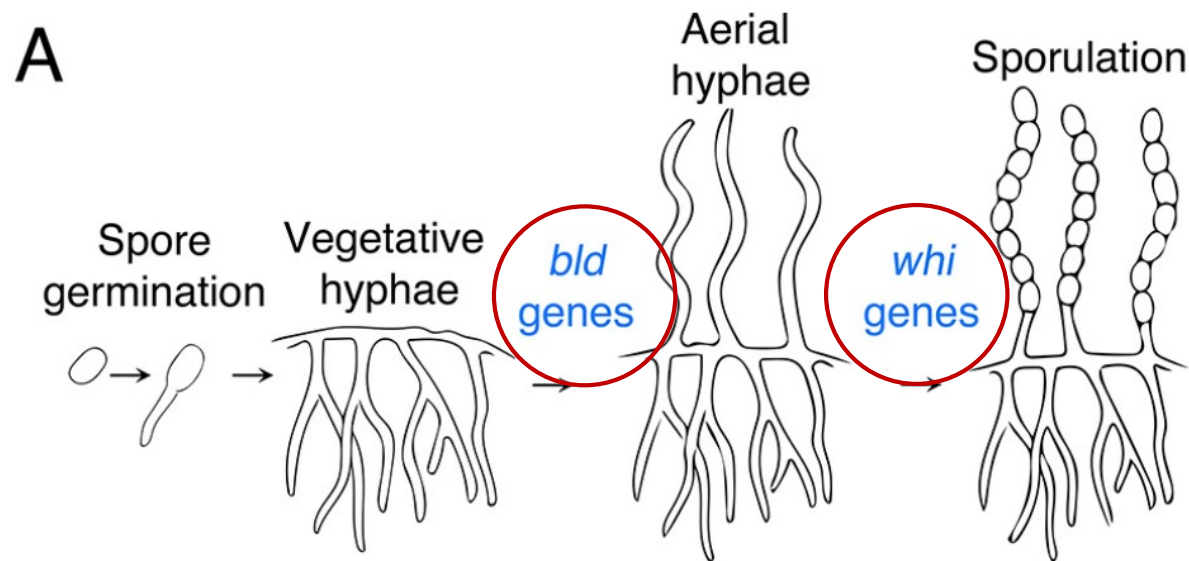
---

Streptomyces exploration is triggered by fungal interactions and volatile signals (Jones et al. 2017)





# 1. O crescimento exploratório requer reguladores de desenvolvimento?



Genes *bld* – transição do crescimento vegetativo para o exploratório

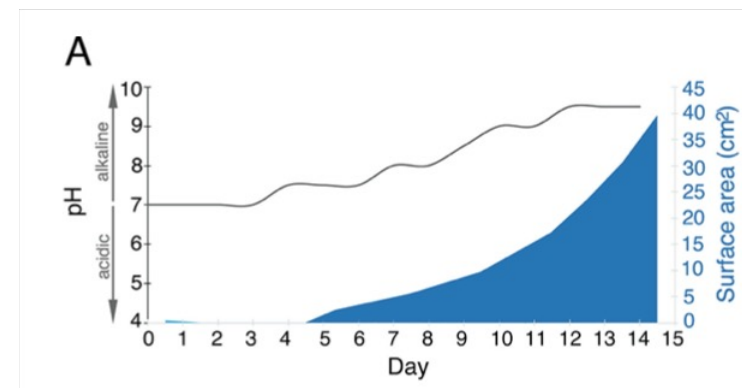
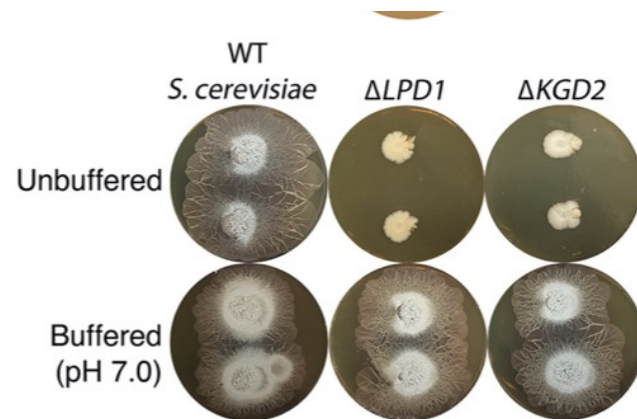
Genes *whi* – diferenciação de hifas aéreas em cadeias de esporos

200 isolados de *Streptomyces*: 19 estirpes (~10%) exibiram crescimento exploratório

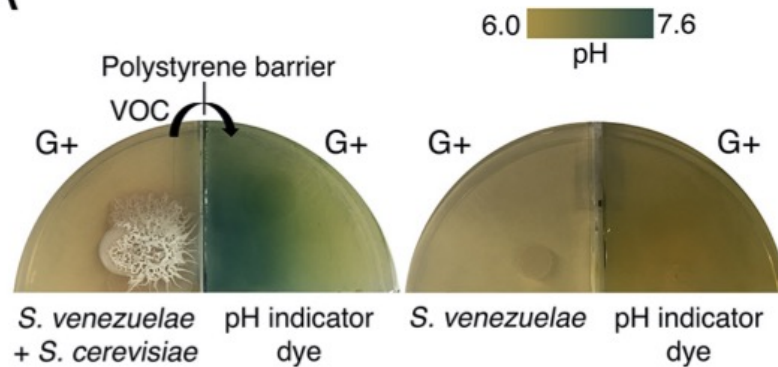
Vários microfungos desencadearam crescimento exploratório

## 2. O que é que desencadeia o crescimento exploratório?

- O crescimento exploratório só é desencadeado quando a levedura apresenta o ciclo de Krebs intacto (estirpes mutantes; 13 mutações que afetam a função mitocondrial, incluindo 8 em genes que codificam enzimas envolvidas no ciclo de Krebs)
- O crescimento exploratório é desencadeado pela **depleção de glucose** (ou um produto do metabolismo da glucose) pela levedura. No entanto, observa-se uma alcalinização simultânea!
- e
- O crescimento exploratório depende do pH (**alcalinização do meio**)



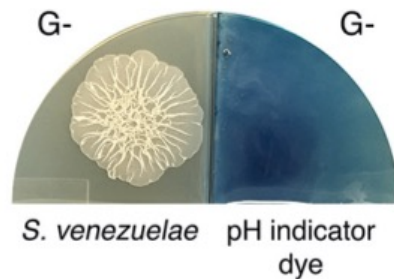
A



### 3. O que é que alcaliniza o meio?

- A secreção de compostos alcalinos **difundíveis**?
- OU
- A libertação de compostos alcalinos **voláteis**?

B



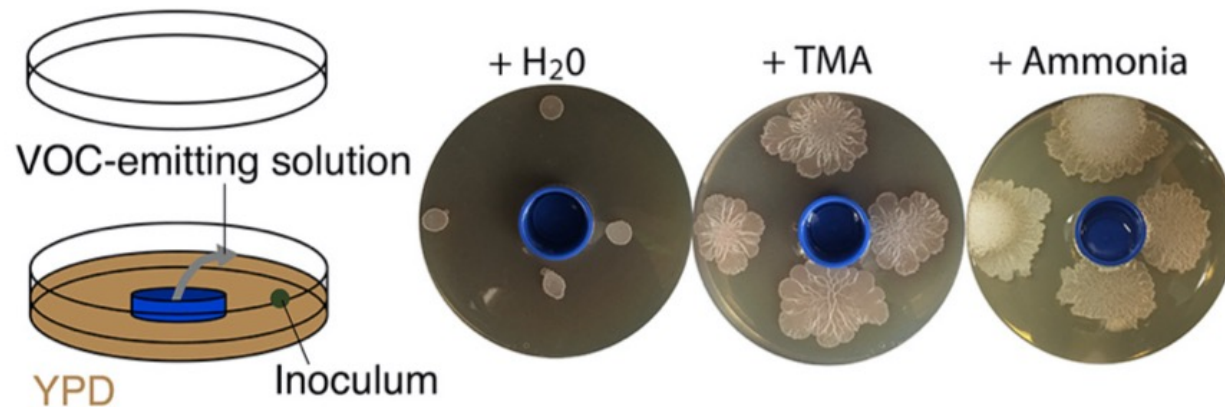
É a libertação de compostos alcalinos voláteis!

A libertação destes compostos é feita por Streptomyces (da mesma estirpe ou de estirpes diferentes)

## 4. O que é que desencadeia o crescimento exploratório?

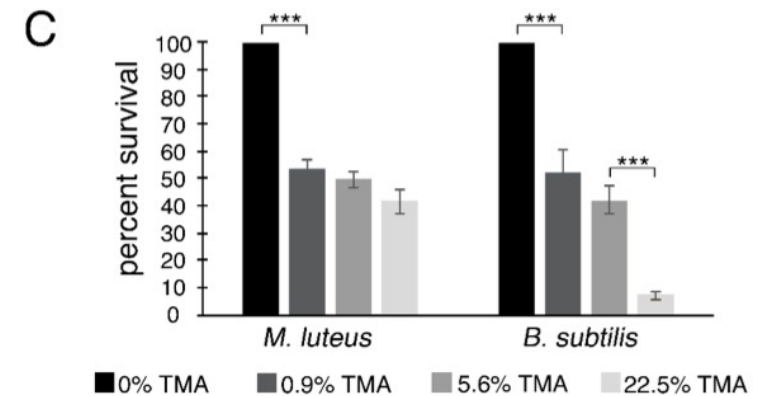
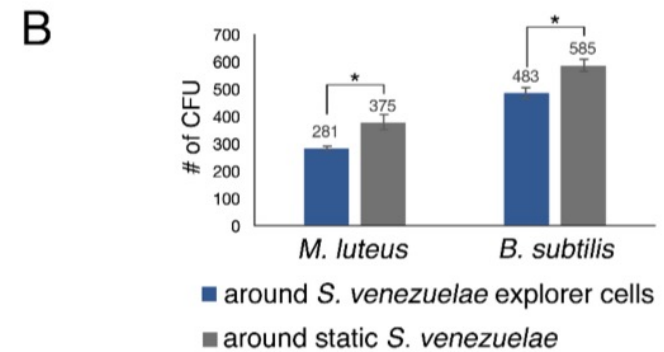
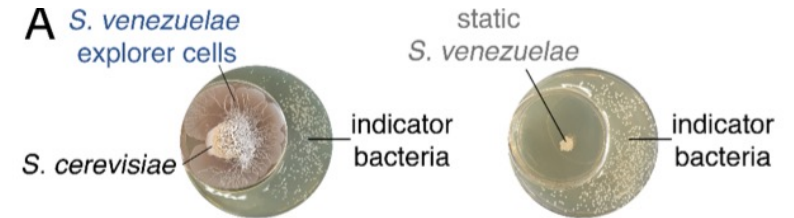
- A trimetilamina (TMA -  $N(CH_3)_3$ ) é um composto orgânico volátil, uma amina terciária incolor capaz de alcalinizar o meio e induzir o crescimento exploratório
- A amónia ( $NH_3$ ) é um composto inorgânico volátil capaz de alcalinizar o meio e induzir o crescimento exploratório

E

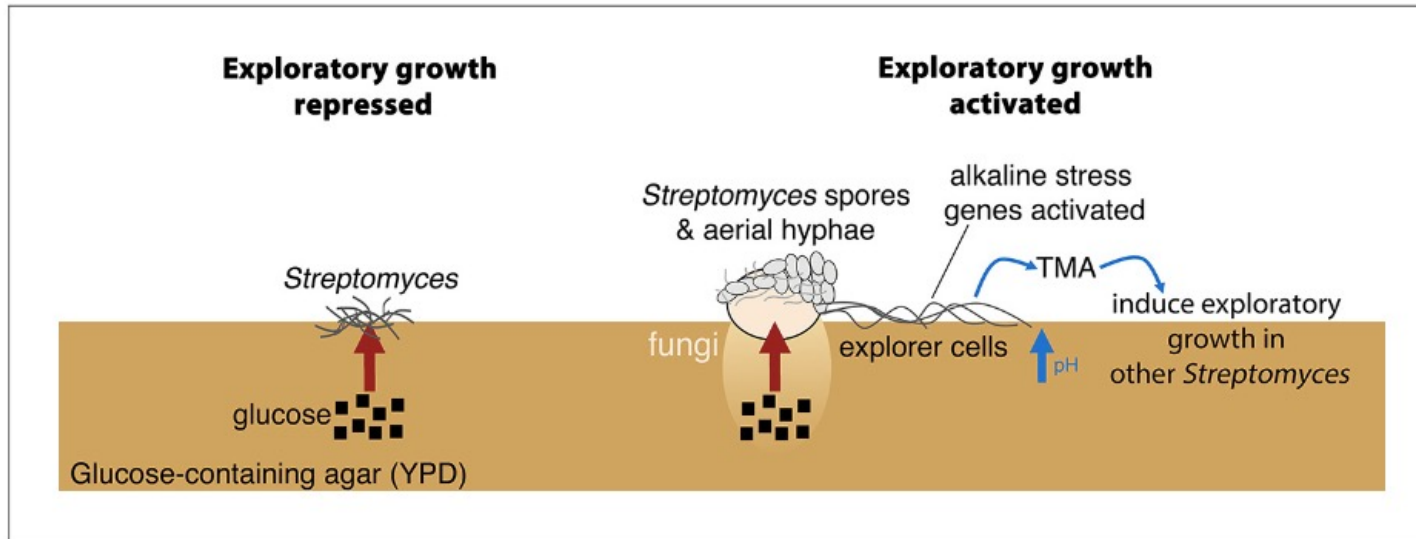


# Importância ecológica da emissão destes compostos voláteis alcalinos

- A trimetilamina (TMA) inibe o crescimento e sobrevivência de outras bactérias do solo
- A amónia (NH<sub>3</sub>) é capaz de inibir o crescimento de colónias vizinhas e induzir resistência a antibióticos



# Modelo de desenvolvimento de Streptomyces



**Figure 6.** New model for *Streptomyces* development. When *S. venezuelae* is grown alone on glucose-rich medium *S. venezuelae* exploratory growth is repressed (left). When *S. venezuelae* is grown beside *S. cerevisiae* or other yeast on glucose-rich medium (right), the yeast metabolizes glucose, relieving the repression of *S. venezuelae* exploration. *S. venezuelae* explorer cells produce the volatile pheromone TMA, which raises the pH of the medium from 7.0 to 9.5. Explorer cells activate alkaline stress genes to withstand the alkaline pH. TMA, and its associated medium alkalisation, can induce exploratory growth in physically separated *Streptomyces*.

# Objetivo da aula prática

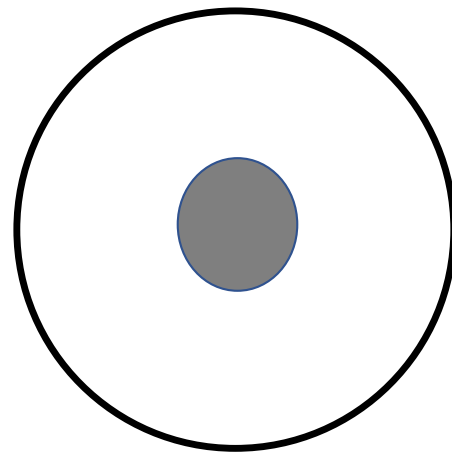
---

- observar as diferentes fenofases do ciclo de vida de isolados de *Streptomyces* e identificar fenótipos induzidos por compostos voláteis emitidos pelos microrganismos; e
- reconhecer a possibilidade de envolvimento de alguns compostos voláteis e a sua natureza na indução de fenótipos específicos de algumas estirpes de *Streptomyces*.

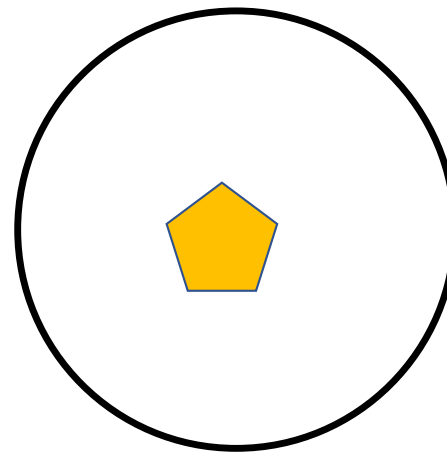
Nota: Cada grupo irá estudar o comportamento de uma estirpe de *Streptomyces* (designada como *Streptomyces\_X* ao longo deste protocolo). Para avaliar o efeito da interação e/ou comunicação entre a estirpe *Streptomyces\_X* e organismos filogeneticamente distantes ou próximos, cada grupo irá trabalhar com uma estirpe de leveduras, e uma outra estirpe de *Streptomyces* (i.e., *Streptomyces\_Y*).

## Abordagem experimental – sugestões???

# Experiência A - controlo



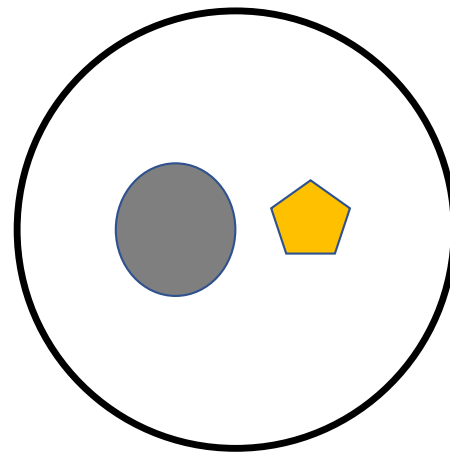
levedura



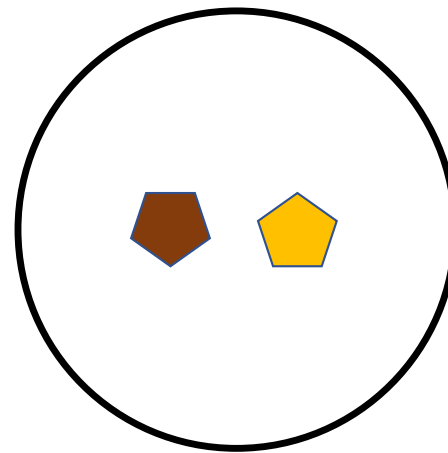
Streptomyces X



Experiência B – interação com organismos filogeneticamente distantes e próximos

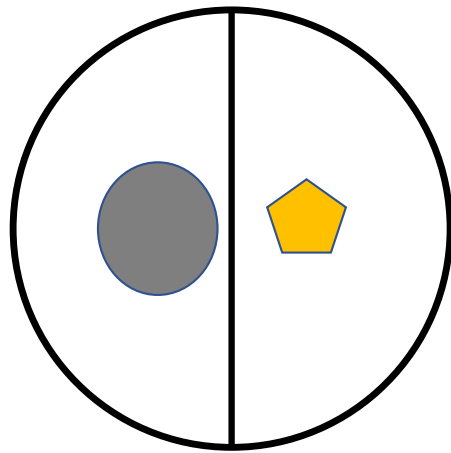


Levedura  
+  
Streptomyces X

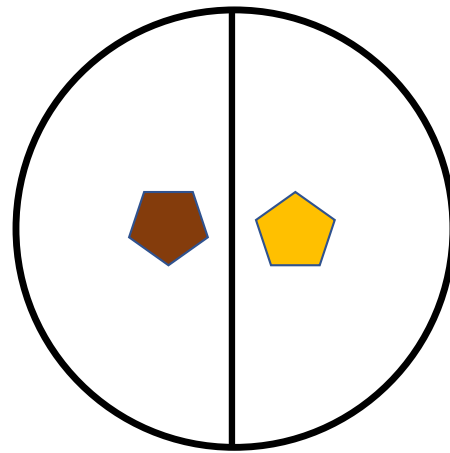


Streptomyces X  
+  
Streptomyces Y

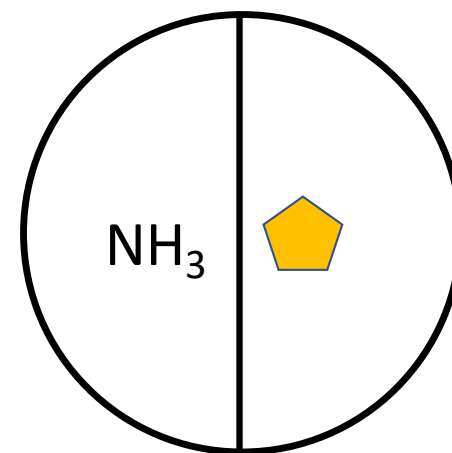
Experiência C – comunicação via voláteis com organismos filogeneticamente distantes e próximos



Levedura  
+  
Streptomyces X



Streptomyces X  
+  
Streptomyces Y



Streptomyces X  
+  
amónia

# Experiência D – comunicação via voláteis alcalinos com organismos filogeneticamente distantes e próximos

