

---

## **PROJETO – DE – PESQUISA**

### **Programa de Iniciação científica e Tecnológica CBPF**

Nome do pesquisador ou tecnologista (orientador interno):

\_\_\_\_\_ DANIEL ACOSTA AVALOS

Coordenação: \_COMAN

Nome do pesquisador ou tecnologista (coorientador/colaborador externo, se houver):

\_\_\_\_\_

Instituição de Pesquisa Externa (se houver): \_\_\_\_\_

Título do projeto: **\_\_\_Estudo das trajetórias de movimento de microorganismos magnetotacticos.**

Palavra-chave: **cinemática, biofísica, bacterias magnetotacticas, magnetismo**

Área de conhecimento: BIOFISICA

Pré-requisito desejado (se houver): **NENHUM**\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Possibilidade de orientação remota:      ( X ) Sim      ( ) Não

Resultante principal do Projeto:

- ( X ) Publicação (horizonte de 4 anos).
- ( X ) Preparação do bolsista para área científica.
- ( ) Produto tecnológico.
- ( ) Produto educacional ou didático.

Rio de Janeiro, 09 de agosto de 2024

# Projeto

**Projeto:** Estudo das trajetórias de movimento de microorganismos magnetotáticos.

## Resumo:

O presente projeto tem por objetivo estudar os parâmetros das trajetórias de movimento de diferentes microorganismos magnetotáticos não cultivados. A ideia é estudar as características da trajetória helicoidal da bactéria e explicar os resultados usando modelos de movimento teóricos. Também serão analisadas as frequências de oscilação do corpo da bactéria que estão associadas com a frequência de giro dos flagelos, e será analisado se esta frequência muda em função do estímulo aplicado.

## Introdução:

As bactérias são os microrganismos mais simples. Eles não apresentam núcleo, porém podem apresentar diferentes organelas. No caso das bactérias magnetotáticas, elas apresentam a cadeia de magnetossomas, que consistem de nanopartículas magnéticas envolvidas por uma membrana proteica [1,2]. Esta cadeia confere às bactérias magnetotáticas um momento magnético que lhes permite interagir com o campo geomagnético. Existem organismos magnetotáticos com estrutura helicoidal, como o procarionto magnetotático multicelular *Candidatus Magnetoglobus multicellularis*, observada através da microscopia eletrônica de varredura.

O alinhamento da direção de nado de um microorganismo magnetotático com a direção de um campo magnético externo é conhecida como magnetotaxia. Este fenômeno depende fortemente da presença de um momento dipolar magnético na bactéria [3]. Na natureza são observados dois tipos de magnetotaxia: polar e axial. No caso da magnetotaxia polar, as bactérias magnéticas nadam consistentemente para um dos polos magnéticos de um ímã. Assim, são classificadas como NS (North Seeking) aquelas que nadam no sentido do polo Sul de um ímã e como SS (South Seeking) aquelas que nadam no sentido do polo Norte de um ímã. Bactérias magnetotáticas NS são predominantes no hemisfério Norte do planeta, enquanto bactérias magnetotáticas SS são predominantes no hemisfério Sul. No equador geomagnético foram observados ambos os tipos de bactérias magnetotáticas numa proporção de 50% cada. Aqui no Rio de Janeiro a maioria das bactérias magnetotáticas coletadas em lagoas e praias são tipo SS. Porém, existe uma pequena proporção de bactérias tipo NS.

Recentemente temos estudado o movimento do organismo magnetotático *Candidatus Magnetoglobus multicellularis* e de bactérias magnetotáticas da Lagoa Rodrigo de Freitas. Teoricamente sabe-se que a trajetória do movimento deve ser uma hélice cilíndrica. Porém, no caso do organismo *Candidatus Magnetoglobus multicellularis* e das bactérias magnéticas parece que a trajetória é mais complexa que uma hélice, sendo a superposição de duas hélices. Nestes estudos foi feita a análise de filmes gravados com taxas de 80 quadros por segundo, mas nunca foi feito usando uma taxa de 187 quadros por segundo. Esta maior taxa é interessante, pois permitira observar as frequências associadas com a oscilação do corpo celular, as quais são geradas pelo movimento flagelar.

## Objetivos:

Estudar as trajetórias de movimento de bactérias magnetotáticas usando filmes de alta velocidade.

### **Metodologia:**

Serão estudadas bactérias magnetotáticas em formato de cocos (as quais são encontradas usualmente nos sedimentos da Lagoa Rodrigo de Freitas), os procariotos magnetotáticos multicelulares da lagoa de Araruama e bactérias magnetotáticas do rio Ubatuba em Maricá, Rio de Janeiro. Os sedimentos serão armazenados em aquários no laboratório, em condições de temperatura e iluminação ambiental. Os microrganismos serão isolados usando um isolador de vidro, que é um recipiente cilíndrico de vidro com pontas capilares nos extremos. Na frente de uma ponta capilar, o polo Norte de um ímã de terra rara será colocado para estimular as bactérias a se aproximarem do capilar. Uma gota será retirada do capilar após 5 minutos e será observada num microscópio óptico invertido. O movimento será filmado usando uma webcam Sony PSP que permite filmar a uma taxa de 187 quadros por segundo. As coordenadas da trajetória serão obtidas usando o programa ImageJ (NIH – USA). O movimento será estimulado mediante a aplicação de um campo magnético externo. As coordenadas obtidas serão analisadas usando o programa Microcal Origin, para ajustar os dados para a soma de funções senoidais. Serão analisadas trajetórias de movimento para diferentes valores de campo magnético externo.

Com isto poderemos analisar os parâmetros da trajetória helicoidal em função do campo magnético. Em particular, analisar se a frequência de oscilação do corpo celular depende do valor do campo magnético aplicado.

O trabalho será feito de forma remota e parcialmente presencial. O aluno vai aprender a realizar as filmagens e participar da coleta de microrganismos num dos locais indicados. Toda semana teremos reuniões online para discutir artigos. O aluno vai levar para casa os vídeos obtidos, vai tirar as coordenadas das trajetórias de movimento e analisar as características das mesmas no computador. Vamos discutir a forma de analisar novamente com reuniões online a cada duas semanas. Paralelamente vamos discutir o modelo teórico de movimento e as soluções analíticas para a trajetória de uma bactéria magnetotática. Estas previsões teóricas serão comparadas com os resultados experimentais.

### **Cronograma**

O estudo está planejado para ser desenvolvido em 12 meses, segundo a tabela a seguir:

Mes 1 a 12: Pesquisa Bibliográfica. Toda semana discussão online de um artigo. Discussão online de metodologia a cada duas semanas.

Mes 3: Filmagem presencial do movimento

Mes 3 a 6: Obtenção das coordenadas das trajetórias de 100 bactérias para cada valor de campo magnético usado.

Mes 7 a 9: Obtenção dos parâmetros das trajetórias. Discussão online semanal do modelo teórico de movimento.

Mes 10 a 12: Análise dos resultados obtidos, conclusões e preparação de apresentação.

### **Referências:**

1. Richard Blakemore (1975) Magnetotactic bacteria. *Science* 190:377-379
2. Bazylinski D.A.; Frankel R. B. (2004) Magnetosome formation in prokaryotes. *Nature Reviews* 2: 217-230
3. Frankel, R.B.; Blakemore R.P. (1980) Navigational compass in magnetic bacteria. *Jour. Mag. Mat.* 15-18: 1562-1564
4. Esquivel, D.M.S.; Lins de Barros, H.G.P. (1986) Motion of magnetotactic microorganisms. *J. Exp. Biol.* 121: 153-163



