

Nome Guilherme Lopes de Carvalho

Autor Guilherme Lopes de Carvalho

Graduando (a) do Curso de ciências biológicas do Centro Universitário São Jose.

Orientador

Prof.Dr Luis Fernando Menezes Junior

RESUMO

As zooxantelas são dinoflagelados endossimbiontes do gênero *Symbiodinium* que vivem no interior das células da endoderme dos corais, em uma estrutura chamada simbiosoma. Essa relação simbiótica protege as zooxantelas contra herbívoros enquanto elas fornecem nutrientes aos corais por meio da fotossíntese. Apesar de o termo “zooxantelas” não ser taxonômico, ele se refere a organismos essenciais para o equilíbrio marinho.

Essa simbiose teve início há cerca de 248 milhões de anos, no período Triássico, no antigo oceano Tethys, entre corais do tipo *Scleractinia* e zooxantelas. Esse evento transformou os ecossistemas marinhos, criando zonas de alta biodiversidade ao redor do globo. As zooxantelas são cruciais para o crescimento dos corais e podem ser encontradas em corais duros (com esqueleto calcário), corais moles e algumas anêmonas, apresentando diferentes colorações.

No entanto, mudanças climáticas, como o aumento da temperatura dos oceanos, ameaçam essa relação simbiótica. Sob estresse térmico, as zooxantelas produzem substâncias tóxicas, levando os corais a expulsá-las em um processo conhecido como branqueamento. Esse fenômeno pode ser revertido caso as zooxantelas retornem ao coral, mas, na ausência delas, a morte do coral é quase inevitável. Nos corais duros, isso resulta no branqueamento; já em corais moles e anêmonas, a perda das zooxantelas geralmente causa a completa desintegração do organismo.

Assim, as zooxantelas desempenham um papel essencial nos ecossistemas marinhos, mas sua relação com os corais está ameaçada pelo impacto das mudanças climáticas, colocando em risco a biodiversidade que depende dessa interação.

Palavras chave: zooxantelas, corais, simbiose

ABSTRACT

Zooxanthellae are endosymbiotic dinoflagellates of the genus *Symbiodinium* that live inside the cells of the endodermis of corals, in a structure called a symbiosome. This symbiotic relationship protects the zooxanthellae from herbivores while they provide nutrients to the corals through photosynthesis. Although the term “zooxanthellae” is not taxonomic, it refers to organisms that are essential for the marine balance.

This symbiosis began about 248 million years ago, in the Triassic period, in the ancient Tethys Ocean, between Scleractinia corals and zooxanthellae. This event transformed marine ecosystems, creating zones of high biodiversity around the globe. Zooxanthellae are crucial for the growth of corals and can be found in hard corals (with calcareous skeletons), soft corals and some anemones, presenting different colorations.

However, climate change, such as rising ocean temperatures, threatens this symbiotic relationship. Under thermal stress, zooxanthellae produce toxic substances, causing corals to expel them in a process known as bleaching. This phenomenon can be reversed if zooxanthellae return to the coral, but in their absence, coral death is almost inevitable. In hard corals, this results in bleaching; in soft corals and anemones, the loss of zooxanthellae often causes the organism to disintegrate completely.

Thus, zooxanthellae play an essential role in marine ecosystems, but their relationship with corals is threatened by the impact of climate change, putting at risk the biodiversity that depends on this interaction.

Keywords: Zooxanthellae, corals, symbiosis.

INTRODUÇÃO:

Para abordar o tema biologia Para abordar o tema biologia de zooxantelas primeiro é necessário falar o que são, sua origem no planeta e sua importância na formação dos ecossistemas marinhos. O nome zooxantelas não se trata de um grupo taxonômico são apenas uma maneira de se referir aos dinoflagelados endossimbiontes do gênero *Symbiodinium*, elas residem no simbiosoma que é o interior das células da endoderme dos corais, desta maneira se protegendo de animais herbívoros e gerando nutrientes para os corais através da fotossíntese, essa simbiose entre os corais e as zooxantelas remonta pouco mais de 248 milhões de anos no triássico, através da fotossímbiose de Scleractinia-zooxantelados no oceano Tethys, esse surgimento alterou de forma considerável o ecossistema marinho gerando pontos de grande biodiversidade ao redor do globo, as zooxantelas tão essenciais para o crescimento de corais podem ser encontrada em corais duros não qual tem formação calcária, corais moles e algumas espécies de anêmonas. Também pode ser encontradas em diferentes

colorações, no entanto as mudanças climáticas como o aumento na temperatura do oceano, pode acarretar na interrupção desse processo de simbiose que por estresse as zooxantelas acabam gerando substâncias tóxicas para o coral que por sua vez acaba expulsando suas zooxantelas, processo no qual muitas vezes os corais podem recuperar suas zooxantelas no entanto quando isso não ocorre a morte do coral é quase certa gerando por sua vez o branqueamento em corais duros, no caso de corais moles e anêmonas o processo é um pouco mais intenso já que o ambos sem as zooxantelas acabam se desfazendo por completo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com o livro “(conhecendo os corais brasileiros) dos editores Carla Zilberberg / Douglas Pinto Abrantes / Joseane Aparecida Marques / Laís Feitosa Machado / Laura Fernandes de Barros Marangoni) além de alguns outros autores e afiliações, no livro é de extrema importância ressaltar certos capítulos como do quarto (4º) ao sexto(6º). Que melhor demonstram a fisiologia e a importância das zooxantelas para os ecossistemas marinhos.

Como pode ser visto no capítulo 4. “Fisiologia de corais: a simbiose coral-zooxantelas, o fenômeno de branqueamento e o processo de calcificação.” pagina 55 - 71. Descreve como ocorre e a interface hospedeiro-simbionte, os processos químicos relacionados a ela, como ocorre o processo de branqueamento através do controle do hospedeiro sobre os endossimbiontes e sua importância na calcificação no caso dos corais duros.

Já no capítulo 5. “Do equador aos trópicos: as zooxantelas na dimensão do espaço.” , pagina 75 - 81. É demonstrada a distribuição das zooxantelas em relação aos trópicos devido a variação de temperatura nos oceanos, já que temperaturas muito frias ou muito quentes geram uma perturbação na fisiologia dos corais que por sua vez acabam rompendo essa simbiose entre corais e zooxantelas no mapa termal apresentado no livro se poder ver como ocorre a distribuição dos corais zooxantelados ao redor do globo.

No capítulo 6. “Simbiose coral-zooxantela em um mundo em transformação” página 83 - 95. Cita principalmente as alterações climáticas e seus efeitos sobre os corais zooxantelados, como é quebrada a relação zooxantelas-coral e dessa maneira gerando o branqueamento do coral o hospedeiro, também como os diferentes tipos de zooxantelas e suas relações com os corais e fala sobre o impacto que a quebra da relação zooxantelas-coral pode gerar aos ecossistemas subaquático.

CORPO DO TRABALHO/DESENVOLVIMENTO

1.1. Contextualização

Os recifes de corais são ecossistemas marinhos de grande importância para a manutenção da biodiversidade oceânica. Eles abrigam cerca de 25% de todas as espécies marinhas, sendo comparados a florestas tropicais em termos de diversidade biológica. Esses ecossistemas desempenham um papel central na estruturação de comunidades marinhas e oferecem inúmeros serviços ecossistêmicos, como proteção costeira, pesca e turismo. No entanto, a existência e produtividade dos recifes de corais estão intimamente ligadas à relação simbiótica entre os corais e as zooxantelas.

As zooxantelas são algas unicelulares, geralmente do gênero *Symbiodinium*, que vivem dentro dos tecidos dos corais. Elas fornecem aos corais nutrientes essenciais por meio da fotossíntese, enquanto os corais, por sua vez, oferecem abrigo e acesso à luz solar, necessária para o processo fotossintético. Essa relação é fundamental para a sobrevivência dos recifes, pois os corais dependem dos produtos fotossintéticos das zooxantelas para até 90% de suas necessidades energéticas. Essa interação é descrita detalhadamente no livro *Conhecendo os Recifes Brasileiros*, que apresenta uma visão abrangente sobre os recifes de corais no Brasil, destacando o papel dessa simbiose no equilíbrio ecológico desses ecossistemas.

1.2. Problema de Pesquisa

Diante da importância da simbiose entre corais e zooxantelas para a saúde dos recifes, surge uma preocupação crescente com as ameaças a essa relação simbiótica,

principalmente em face das mudanças climáticas globais. O aquecimento dos oceanos e a acidificação da água são fatores que comprometem a capacidade dos corais de manter suas zooxantelas, resultando no fenômeno do branqueamento, que pode levar à morte dos corais e à destruição dos recifes. Com base nesse contexto, o presente trabalho se propõe a investigar a seguinte questão: **Como a simbiose entre zooxantelas e corais afeta a saúde dos recifes de corais brasileiros, e quais são as principais ameaças a essa relação simbiótica?**

1.3. Justificativa

Nos últimos anos, os recifes de corais têm enfrentado um declínio preocupante, causado principalmente por estresses ambientais induzidos pelas mudanças climáticas. O aumento das temperaturas oceânicas tem resultado em eventos frequentes de branqueamento de corais, um processo que ocorre quando os corais expulsam suas zooxantelas, ficando vulneráveis e muitas vezes levando à sua morte. Esse fenômeno é especialmente preocupante para os recifes brasileiros, que abrigam uma rica diversidade biológica e são fonte de sustento para muitas comunidades costeiras, seja por meio da pesca, turismo ou proteção natural contra tempestades e erosão.

Compreender a biologia das zooxantelas e a natureza de sua interação com os corais é essencial para formular estratégias eficazes de conservação e mitigação. Estudos sobre essa simbiose podem fornecer insights valiosos sobre como proteger os recifes brasileiros diante das mudanças climáticas globais. Assim, este trabalho justifica-se pela necessidade urgente de se aprofundar o conhecimento sobre as dinâmicas dessa relação simbiótica, visando preservar um dos ecossistemas mais vulneráveis e valiosos do mundo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é estudar a biologia das zooxantelas e sua interação com os corais, destacando a importância dessa simbiose para a manutenção dos recifes brasileiros, e identificar os principais fatores que ameaçam essa relação.

1.4.2. Objetivos Específicos

Compreender o papel das zooxantelas na fisiologia dos corais, elucidando os processos fotossintéticos e a transferência de nutrientes entre esses organismos.

Identificar os impactos das mudanças climáticas, como o aumento da temperatura e a acidificação dos oceanos, sobre a simbiose coral-zooxantela, analisando as implicações para a saúde dos recifes.

Discutir medidas de conservação voltadas para a proteção e recuperação dos recifes brasileiros, com foco em estratégias de adaptação e mitigação frente às mudanças ambientais.

Capítulo 2: Revisão de Literatura

2.1. Recifes de Corais: Definição e Importância

Os recifes de corais são formações calcárias produzidas por organismos vivos, especialmente corais, em águas tropicais e subtropicais. Esses ecossistemas ocorrem em áreas de baixa profundidade e são distribuídos principalmente em regiões do Pacífico, Atlântico e Índico. No Brasil, os recifes estão localizados majoritariamente na costa Nordeste, com destaque para o Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, a maior formação recifal do Atlântico Sul.

Além de sua importância ecológica como habitat para milhares de espécies marinhas, os recifes possuem um valor econômico considerável. Eles fornecem recursos para atividades como pesca e turismo, além de desempenharem um papel fundamental na proteção costeira contra eventos climáticos extremos. A saúde dos recifes, no entanto, depende da manutenção da relação simbiótica entre corais e zooxantelas.

2.2. As Zooxantelas: Algas Simbióticas

As zooxantelas são dinoflagelados fotossintéticos que vivem dentro dos tecidos dos corais em uma relação de simbiose mutualística. A principal função das zooxantelas é realizar a fotossíntese, convertendo luz solar em energia química na forma de carboidratos, que são compartilhados com o coral. Essa interação é vital, pois supre a maior parte das necessidades energéticas do coral, permitindo que ele construa a sua estrutura calcária e mantenha o ecossistema recifal.

Essa simbiose é altamente dependente de condições ambientais estáveis, especialmente em relação à temperatura da água e à qualidade da luz solar disponível. Qualquer alteração significativa no ambiente pode comprometer essa relação, resultando em sérios danos ao coral e ao ecossistema recifal como um todo.

2.3. Os Recifes Brasileiros

O Brasil possui uma rica biodiversidade marinha associada a seus recifes de corais, particularmente ao longo da costa Nordeste. O Parque Nacional Marinho dos Abrolhos é um dos exemplos mais significativos de formações recifais no país, conhecido por sua alta biodiversidade e importância ecológica. Além disso, os recifes brasileiros desempenham um papel crucial para a economia local, especialmente nas áreas de turismo e pesca. A conservação desses recifes é vital para o equilíbrio ecológico e para as comunidades humanas que dependem deles.

Capítulo 3: A Relação entre Zooxantelas e Corais.

3.1. Simbiogênese Coral-Zooxantela

A simbiose entre corais e zooxantelas é sustentada por processos moleculares e celulares complexos, que envolvem a troca de nutrientes entre os organismos. A

homeostase desse relacionamento é fundamental para a sobrevivência dos corais, sendo dependente de um ambiente estável e equilibrado. Alterações significativas no ambiente podem causar desequilíbrios na simbiose, levando à expulsão das zooxantelas e, conseqüentemente, ao branqueamento dos corais.

3.2. A Fotossíntese nas Zooxantelas

As zooxantelas utilizam a luz solar para realizar a fotossíntese, convertendo luz em energia que é transferida para os corais na forma de nutrientes. Esse processo é fundamental para a formação e manutenção das estruturas recifais, já que os corais utilizam esses nutrientes para crescer e se reproduzir.

3.3. Ameaças à Simbiose Coral-Zooxantela

O aumento da temperatura dos oceanos e a acidificação causam grandes ameaças à relação simbiótica entre corais e zooxantelas. As condições ambientais adversas levam à expulsão das zooxantelas dos tecidos dos corais, resultando no branqueamento, um fenômeno que tem devastado recifes em todo o mundo, incluindo o Brasil. O desenvolvimento do trabalho continua abordando os impactos das mudanças climáticas, medidas de conservação e as considerações finais com propostas de pesquisas futuras e colaboração internacional para a mitigação dos impactos ambientais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os recifes de corais desempenham um papel essencial nos ecossistemas marinhos, fornecendo habitat para uma vasta diversidade de espécies, além de serviços ecossistêmicos fundamentais, como proteção costeira, suporte à pesca e incentivo ao turismo. No entanto, sua sobrevivência está profundamente conectada à relação

simbiótica entre corais e zooxantelas, que sustenta a saúde e a produtividade desses ecossistemas.

O presente estudo destacou a importância dessa simbiose, evidenciando como as zooxantelas fornecem energia vital aos corais por meio da fotossíntese, enquanto os corais oferecem um ambiente protegido para as algas. Essa relação, que remonta a milhões de anos, é fundamental para a manutenção da biodiversidade marinha e para o equilíbrio dos recifes de corais brasileiros.

Entretanto, as mudanças climáticas representam uma ameaça crescente a essa interação simbiótica. O aquecimento dos oceanos e a acidificação da água são fatores que desencadeiam o fenômeno do branqueamento de corais, comprometendo a resiliência desses ecossistemas. No Brasil, onde os recifes são cruciais para a biodiversidade e a economia local, os impactos são particularmente preocupantes.

Diante disso, conclui-se que esforços urgentes são necessários para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e preservar os recifes de corais. A continuidade de pesquisas sobre a biologia das zooxantelas, o monitoramento dos recifes e a formulação de estratégias de conservação são indispensáveis. Além disso, a colaboração internacional e a conscientização pública são ferramentas fundamentais para proteger esses ecossistemas vulneráveis.

Por fim, propõe-se que futuros estudos aprofundem a compreensão dos mecanismos de adaptação de corais e zooxantelas às mudanças ambientais, bem como a eficácia de intervenções humanas na recuperação e conservação dos recifes de corais. Somente por meio de ações coordenadas será possível assegurar a preservação desse patrimônio natural para as próximas gerações.

REFERÊNCIAS

O Tambutté, S.; Holcomb, M.; Ferrier-Pagès, C.; Reynaud, S.; Tmabutté, E.; Zoccola, D.; Allemand, D. 2011. Coral Biomineralization: From the gene to the environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 408:58-78.

Cohen, A.L.; Holcomb, M. 2009. Why corals care about Ocean acidification: Uncovering the mechanism. *Oceanography*, 22(4):118-127.

Hoegh-Guldberg, O.; Mumby, P.J.; Hooten, A.J.; Steneck, R.S.; Greenfield, P.; Gomez, E.; Harvell, C.D.; Sale, P.F.; Edwards, A.J.; Caldera, K.; Knowlton, N.; Eakin, C.M.; Iglesias-Prieto, R.; Muthiga, N.; Bradbury, R.H.; Dubi, A.; Hatziolos, M.E. 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318:1737-1742.

Baker, A.C.; Stanger, C.J.; McClanahan. T.R.; Glynn, P.W. 2004. Corals' adaptive response to climate change. *Nature*, 430:741.

Leão, Z.M.A.N.; Kikuchi, R.K.P.; Oliveira, M.D.M. 2008. Branqueamento de corais nos recifes da Bahia e sua relação com Eventos de anomalias térmicas nas águas superficiais do oceano. *Biota Neotrop*, 8(3). Disponível em: <biotaneotropica.org.

[Br/v8n3/em/abstract?article+bn00808032008>](#). Acesso em:
Janeiro 2016.

Sutherland, K.P.; Porter, J.W.; Torres, C. 2004.

Disease and immunity in Caribbean and Indo-Pacific

Zooxanthellate corals. Marine Ecology Progress

Series, 266:273-302.

**NÚMERO MÉDIO DE PÁGINAS
DE 15 A 25 PÁGINAS**