



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociências
Câmpus do Litoral Paulista



Estudo sobre Florações Algais Nocivas (HAB's) e seus efeitos ambientais: Revisão bibliográfica

Beatriz Maysha Sousa

São Vicente - SP
2025

Estudo sobre Florações Algais Nocivas (HAB's) e seus efeitos ambientais: Revisão bibliográfica

Beatriz Maysa Sousa

Orientador: Prof^o Dr^o Caio Cesar Ribeiro
Co Orientadora: Prof^a Dr^a Ana Julia Fernandes

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Biociências da UNESP – Campus do Litoral Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do grau de bacharel em Ciências Biológicas, com habilitação em Gerenciamento Costeiro.

**São Vicente
2025**

Ficha Catalográfica

S725e	Sousa, Beatriz Maysha Estudo sobre Florações Algais Nocivas (HAB's) e seus efeitos ambientais: Revisão bibliográfica / Beatriz Maysha Sousa. -- São Vicente, 2025 41 p. : tabs., fotos Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, São Vicente Orientador: Caio Cesar Ribeiro Coorientadora: Ana Julia Fernandes 1. Florações Algais Nocivas. 2. Dinoflagelados. 3. Cianobactérias. 4. Bibliometria. 5. Brasil. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus Orixás por terem me guiado durante esta caminhada, por terem me dado discernimento para compreender e enfrentar todos os obstáculos que tive nesta trajetória, se não fosse pela proteção e luz que desempenham na minha vida nada teria conquistado.

Aos meus pais Paulo e Lourdes e meu irmão Junior por todo apoio que me deram durante estes anos, nos momentos felizes e tristes estiveram comigo e sempre me incentivaram para que eu lutasse a cada dia para alcançar meus objetivos.

A minha família São Vicentina que me apoiou e esteve ao meu lado, e que perto ou longe me deram forças para que eu não desistisse diante dos momentos de incertezas.

Agradeço ao Instituto Serrapilheira pelo incentivo financeiro e incentivo à pesquisa, que tornaram possível o desenvolvimento deste estudo.

Ao meu orientador, Prof.^o Dr.^o. Caio Cesar Ribeiro, muito obrigada por sua orientação, pelos conhecimentos adquiridos no laboratório, pelos conselhos, pelos momentos de descontração e pela aprendizagem para se desenvolver um trabalho científico durante minha graduação.

Agradeço à Prof^a Dr^a Ana Júlia Fernandes pelo carinho e pela orientação contínua desde o meu primeiro trabalho ligado à instituição e pelo apoio durante a pesquisa.

Agradeço ao Laboratório DINOHAB pela paciência, atenção e apoio em todas as etapas do trabalho.

Resumo

As florações de algas nocivas (Harmful Algal Blooms – HABs) representam um dos mais complexos desafios ambientais contemporâneos, emergindo na interface entre processos naturais e pressões antrópicas crescentes. No Brasil, a expansão urbana costeira, o aporte excessivo de nutrientes e as mudanças climáticas têm contribuído para o aumento da frequência, intensidade e persistência desses eventos, com impactos ecológicos, econômicos e à saúde pública. Este estudo apresenta uma revisão bibliométrica e sistemática da produção científica sobre HABs no país entre 2000 e 2025, com base em dados da Web of Science, buscando identificar tendências, lacunas e oportunidades para o avanço do conhecimento.

A análise revela um crescimento exponencial das publicações a partir de 2010, refletindo a consolidação de redes de pesquisa e a inserção do Brasil em colaborações internacionais — especialmente com instituições dos Estados Unidos e da França. As instituições federais das regiões Sudeste e Sul lideram a produção científica, evidenciando uma concentração geográfica do esforço investigativo. As palavras-chave mais recorrentes destacam abordagens voltadas à ecologia, toxicologia, biogeoquímica e monitoramento de dinoflagelados e cianobactérias, indicando uma predominância de estudos descritivos e experimentais, ainda com lacunas na modelagem preditiva e na integração de dados moleculares e metagenômicos.

Os resultados apontam para a necessidade urgente de descentralizar os polos de pesquisa e fortalecer estratégias de monitoramento e divulgação científica em regiões menos representadas, como Norte e Nordeste, ampliando a capacidade nacional de resposta a eventos de HABs. A consolidação de redes interdisciplinares, aliando oceanografia, biologia molecular, ecotoxicologia e ciência de dados, surge como um caminho promissor para compreender a dinâmica e os impactos dessas florações sob o contexto das mudanças climáticas e da intensificação das atividades humanas em ambientes aquáticos brasileiros.

Palavras-chave: florações algais nocivas; dinoflagelados; cianobactérias; bibliometria; Brasil; ecotoxicologia; mudanças climáticas.

Abstract

Harmful Algal Blooms (HABs) represent one of the most complex environmental challenges of the 21st century, arising at the intersection of natural processes and intensifying anthropogenic pressures. In Brazil, coastal urban expansion, excessive nutrient inputs, and climate change have contributed to the increasing frequency, magnitude, and persistence of these events, with significant ecological, economic, and public health repercussions. This study presents a comprehensive bibliometric and systematic review of scientific production on HABs in Brazil from 2000 to 2025, based on data retrieved from the Web of Science, aiming to identify research trends, knowledge gaps, and future opportunities.

The analysis reveals an exponential rise in publications after 2010, reflecting the consolidation of national research networks and Brazil's growing participation in international collaborations, particularly with the United States and France. Federal institutions from the Southeast and South regions dominate scientific output, highlighting a strong geographic concentration of research efforts. The most frequent keywords point to a predominance of ecological, toxicological, biogeochemical, and monitoring approaches focused on dinoflagellates and cyanobacteria, with a still-limited integration of predictive modeling and molecular or metagenomic tools.

These findings underscore the urgent need to decentralize research hubs and strengthen monitoring and science communication strategies in underrepresented regions such as the North and Northeast, enhancing national capacity to address HAB events. The establishment of interdisciplinary networks — integrating oceanography, molecular biology, ecotoxicology, and data science — emerges as a crucial pathway for advancing understanding of HAB dynamics, impacts, and mitigation under the dual pressures of climate change and human activity in Brazilian aquatic ecosystems.

Keywords: harmful algal blooms; dinoflagellates; cyanobacteria; bibliometrics; Brazil; ecotoxicology; climate change.

Sumário

1. Introdução	8
2. Metodologia	11
3. Resultados	13
4. Discussão	22
5. Conclusão	24
6. Referências	25

1. Introdução

O fitoplâncton marinho constitui um grupo altamente diverso de microrganismos fotossintetizantes, compreendendo mais de 5.000 espécies que exibem ampla variação morfológica, funcional e trófica (Sournia *et al.*, 1991). Esses organismos formam a base das cadeias alimentares aquáticas, representando o principal grupo de produtores primários em ecossistemas marinhos e estuarinos (Reynolds, 2006; Brierley, 2017). Além disso, exercem papel essencial na regulação biogeoquímica dos oceanos (Cermeño *et al.*, 2008; Fuhrman, 2009), na mitigação das mudanças climáticas globais, na manutenção da qualidade da água e na sustentação das comunidades aquáticas (Falkowski *et al.*, 1998).

As interações entre variáveis ambientais e biológicas condicionam o surgimento de proliferações de micro e macroalgas, conhecidas como florações algais, geralmente explicadas pelos mecanismos de controle bottom-up e top-down (Zhou *et al.*, 2009). O controle bottom-up está associado a fatores abióticos que afetam o crescimento planctônico, como temperatura, salinidade, disponibilidade de nutrientes inorgânicos (nitrogênio e fósforo, por exemplo) e presença de matéria orgânica dissolvida ou particulada. Por outro lado, o controle top-down está relacionado a processos bióticos, como predação, competição e infecções virais, que regulam a biomassa e a estrutura das comunidades (Wright & Coffin, 1983; Goosen *et al.*, 1999; Almeida *et al.*, 2001; Sherr & Sherr, 2002; Riegman & Winter, 2003; Merico *et al.*, 2004; Solé *et al.*, 2006).

Quando tais florações envolvem espécies produtoras de toxinas, recebem a denominação de florações algais nocivas (*Harmful Algal Blooms* – HABs). O termo foi cunhado durante a 1ª Conferência Internacional de Florações de Dinoflagelados Tóxicos, realizada em Boston (EUA), entre 4 e 6 de novembro de 1974 (Locicero, 1974), para descrever eventos de curta duração marcados por aumentos súbitos e intensos da biomassa fitoplanctônica sob condições ambientais favoráveis (Hallegraeff *et al.*, 1995).

O sucesso ecológico desses organismos está também associado a adaptações morfológicas e fisiológicas. Estruturas como flagelos (Eppley *et al.*, 1968), capacidade de fototaxia (Hasle, 1950), frústulas silicosas em diatomáceas e estrias helicoidais em euglenofíceas (Leedale, 1967; Darley, 1977; Duke & Reimann, 1977; Dodge, 1979), bem como a produção de toxinas para defesa ou predação (Hallegraeff *et al.*, 1995), conferem vantagens competitivas em distintos regimes hidrológicos.

Embora as HABs possam ocorrer naturalmente, a intensificação antrópica tem aumentado sua frequência e severidade. Atividades como lançamento de efluentes urbanos e

agrícolas elevam a carga de matéria orgânica e nutrientes nos ecossistemas aquáticos, favorecendo a eutrofização e o crescimento descontrolado do fitoplâncton (Castro & Moser, 2012). Além disso, o aquecimento global e as mudanças climáticas alteram processos oceanográficos fundamentais — incluindo o transporte de massas d'água, a estratificação térmica e a disponibilidade de luz —, criando condições ainda mais propícias ao desenvolvimento e expansão das HABs (Kudela, 2015; Gobler, 2020). Nesse contexto, o estudo dessas florações assume caráter interdisciplinar, envolvendo ecologia, oceanografia, toxicologia, saúde pública e climatologia.

As HABs ocorrem tanto em ambientes marinhos quanto continentais e estão associadas a diferentes classes de microalgas, como Dinophyceae, Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Raphidophyceae e à divisão Prymnesiophyta, que inclui os coccolitoforídeos (Hallegraeff, 2010). Smayda (1997) destacou os fitoflagelados, especialmente os dinoflagelados, como os principais grupos responsáveis por florações nocivas devido à presença de flagelos, que permitem migração vertical e exploração de microambientes mais favoráveis. Esses organismos produzem toxinas associadas às principais síndromes de intoxicação alimentar por frutos do mar, incluindo parálitica (PSP), diarreica (DSP), neurotóxica (NSP) e azaspirácida (AZP), além da intoxicação amnésica (ASP) causada pela diatomácea *Pseudonitzschia spp.* (Wang, 2008).

Outro grupo de destaque é o das CyanoHABs, florações formadas por cianobactérias produtoras de toxinas que provocam hipóxia, instabilidade ambiental e riscos significativos à saúde de plantas, animais e humanos (Paerl & Otten, 2013). Os principais gêneros potencialmente tóxicos incluem *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Planktothrix*, *Lyngbya* e *Cylindrospermopsis* (Chorus & Bartram, 1999).

Estudos recentes indicam que as HABs vêm se expandindo geográfica e ecologicamente em regiões tropicais e subtropicais, refletindo a intensificação das pressões antrópicas e a urbanização costeira (Mafra *et al.*, 2024). Essa tendência ressalta a urgência de estratégias de monitoramento contínuo e políticas públicas eficazes voltadas à mitigação de seus impactos.

No contexto brasileiro, as discussões sobre florações algais nocivas ganharam destaque a partir da década de 1990, com a recorrência de episódios de cianobactérias tóxicas em reservatórios urbanos e riscos à saúde pública. Um caso emblemático ocorreu em Caruaru (PE), em 1996, quando a contaminação por *Microcystis aeruginosa* em um sistema de hemodiálise levou à morte de dezenas de pessoas devido à presença de microcistinas (Sant'Anna *et al.*, 2008; Chorus & Bartram, 1999). Este episódio marcou um ponto de

inflexão na atenção de pesquisadores e gestores públicos para o tema, fomentando o avanço das pesquisas sobre HABs no país.

Diante disso, os estudos sobre florações algais nocivas tornam-se cada vez mais essenciais, à medida que os impactos desses eventos ultrapassam fronteiras ecológicas, econômicas e sociais. Seus efeitos comprometem setores como turismo, pesca, aquicultura e abastecimento público, configurando-se como uma ameaça crescente à segurança ambiental e à saúde pública.

Assim, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão bibliométrica e sistemática sobre as florações de algas nocivas (HABs) no Brasil entre 2000 e 2025, analisando a frequência de publicações científicas, as principais abordagens temáticas e a distribuição institucional e geográfica dos estudos. Busca-se, ainda, discutir os desafios metodológicos, as lacunas de conhecimento e as perspectivas futuras para o monitoramento e a gestão ambiental desses eventos, contribuindo para o fortalecimento de políticas integradas e para a promoção de uma ciência mais equitativa e colaborativa no contexto nacional.

2. Metodologia

Os dados analisados neste estudo foram obtidos a partir de uma abordagem cienciométrica, com foco nas publicações científicas relacionadas às florações algais nocivas (Harmful Algal Blooms – HABs) no período de 2000 a 2025. As informações foram extraídas da base de dados Web of Science (WoS), da Clarivate Analytics, reconhecida por sua ampla cobertura de literatura científica internacional (Chen, 2014).

Foram utilizadas como palavras-chave as combinações: “HABs”, “HAB” + “Brasil” e “HABs” + “Brazil”, abrangendo títulos, resumos e palavras-chave dos registros. Essa estratégia visou garantir a maior representatividade possível dos estudos relacionados ao tema em território brasileiro.

De acordo com Spinak (1998), a ciencimetria é uma ferramenta metodológica que permite a análise quantitativa e qualitativa da produção técnico-científica, possibilitando compreender a dinâmica do conhecimento, suas tendências de crescimento, colaborações interinstitucionais e padrões de disseminação científica. Essa abordagem é fundamental para identificar lacunas, consolidar redes de cooperação e subsidiar políticas de incentivo à pesquisa em diferentes contextos socioeconômicos e geográficos.

A busca inicial foi realizada de acordo com uma busca sistemática da literatura científica sobre florações algais nocivas entre os anos de 2000 a 2025, onde foram recuperadas 3.756 referências publicadas. Logo após, aplicou-se o filtro de localidade, que restringiu-se às publicações diretamente associadas ao Brasil, a partir disso obteve-se um conjunto de 167 registros. Em seguida, os títulos e resumos foram analisados de forma criteriosa, a fim de incluir apenas os trabalhos diretamente relacionados às HABs, envolvendo dinoflagelados, cianobactérias, microalgas ou eventos de florações. Durante essa triagem, 59 publicações foram excluídas — por duplicidade, ausência de relação com o tema ou por tratarem de organismos não fitoplanctônicos — resultando em um conjunto final de 108 estudos considerados elegíveis para análise qualitativa e quantitativa.

Para o tratamento e visualização dos dados, foram utilizados os softwares Microsoft Excel, Mapchart e CiteSpace (Chen, 2014). O CiteSpace é uma ferramenta amplamente empregada em análises bibliométricas, capaz de identificar padrões de citação, co-citação e coocorrência de palavras-chave, além de mapear a distribuição temporal e geográfica das publicações. Por meio da construção de redes de relacionamento entre autores, instituições e temas, o software permite a identificação de núcleos de pesquisa, tópicos emergentes e áreas de maior centralidade científica.

A centralidade — um dos critérios adotados neste estudo — representa o grau de importância de um determinado artigo, autor ou instituição dentro da rede de conhecimento, possibilitando a identificação de elementos-chave na estrutura científica sobre HABs no Brasil. Essa métrica, derivada da análise de co-citações, permite compreender como o conhecimento evolui e se conecta entre diferentes vertentes temáticas.

O processo de seleção e filtragem dos dados seguiu as diretrizes do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), garantindo transparência e reprodutibilidade na revisão sistemática. O fluxograma PRISMA (Figura 1) sintetiza as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos. Ao todo, 59 registros foram excluídos — seja por duplicidade ou por não atenderem aos critérios de inclusão —, culminando na amostra final utilizada para as análises cienciométricas.

Essa abordagem integrada permitiu não apenas mapear a evolução temporal e temática da pesquisa sobre HABs no Brasil, mas também identificar redes colaborativas, tendências emergentes e lacunas de conhecimento, contribuindo para o fortalecimento de estratégias de monitoramento, gestão e divulgação científica sobre esse fenômeno no contexto nacional.

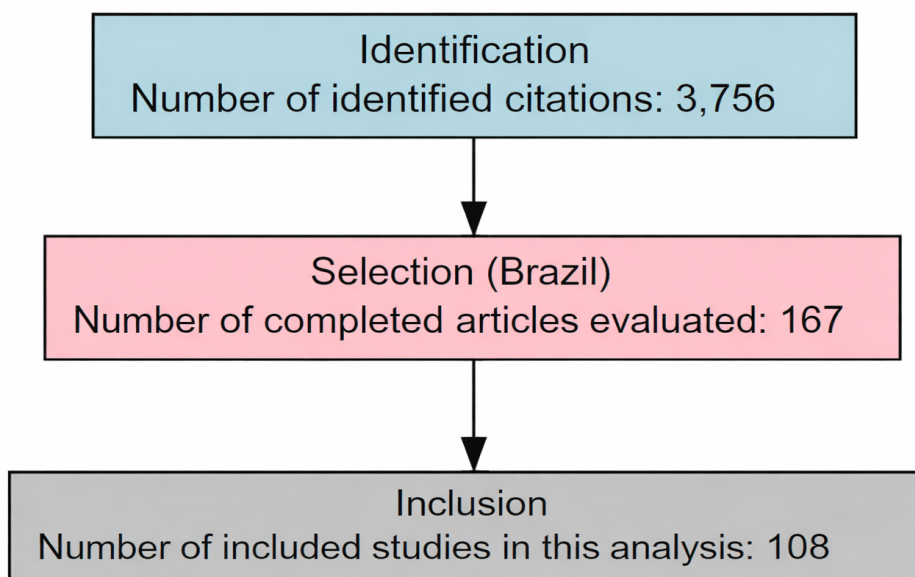


Figura 1. Fluxograma PRISMA, mostrando o fluxo de coleta de dados para inclusão em cienciométrica.

3. Resultados

Para a análise dos resultados, os trabalhos foram classificados em cinco categorias de documentos: artigo, artigo de procedimento, revisão, material editorial e resumo de conferência (meeting abstract). Os artigos científicos predominaram amplamente, representando 89,8% do total. O inglês foi o idioma dominante em quase todas as publicações, refletindo a tendência de internacionalização da produção científica brasileira; apenas um dos trabalhos analisados foi publicado originalmente em português.

O conjunto de dados refinado contabilizou 2.116 citações, com média de 19,59 citações por item, evidenciando uma produção de impacto crescente. O índice H, que expressa o número de artigos (H) citados ao menos H vezes, reforça a consolidação do tema como uma linha de pesquisa ativa e relevante no cenário nacional.

A análise temporal das publicações revela um aumento expressivo na produção entre 2010 e 2015 (Figura 2), período que marca uma inflexão na trajetória científica brasileira sobre HABs. Esse crescimento está associado à ampliação de programas de monitoramento, à adoção de técnicas analíticas e de sensoriamento remoto, e ao alinhamento do país com agendas internacionais de pesquisa sobre qualidade da água e mudanças climáticas (Hallegraeff, 2010; Paerl & Otten, 2013).

Citations e Mean of Publications

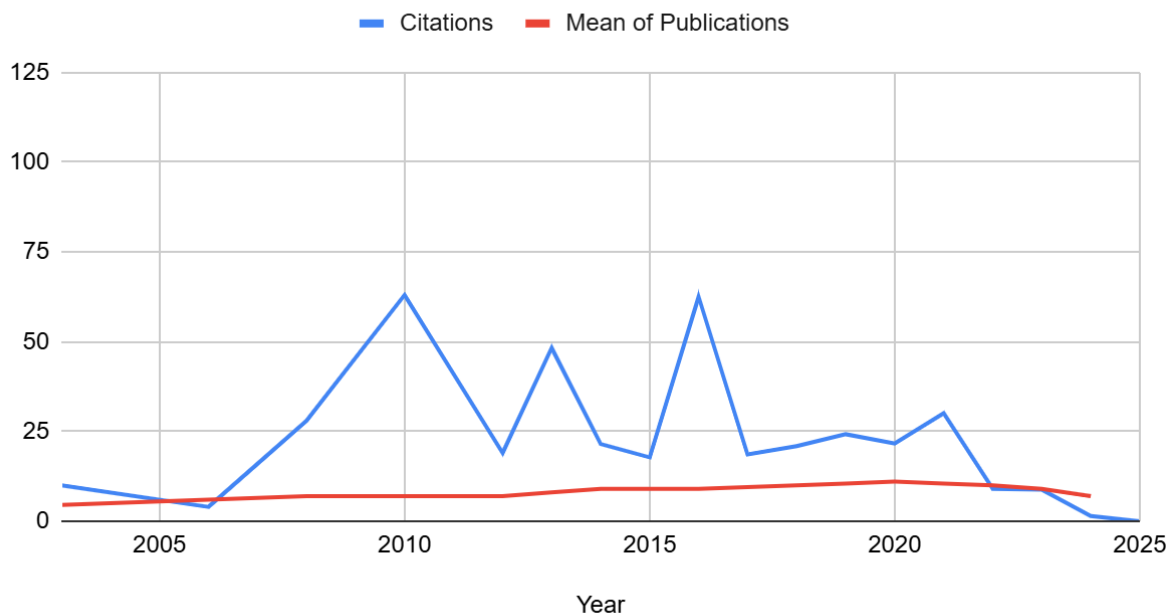


Figura 2. Distribuição cumulativa de citações e publicações entre 2000 e 2025.

Após 2019, contudo, observa-se um declínio progressivo no número de publicações, possivelmente decorrente de fatores conjunturais e estruturais. Entre os mais relevantes estão os impactos da pandemia de COVID-19, que interromperam atividades de campo e experimentais, e os cortes orçamentários severos impostos à ciência e tecnologia no Brasil. Estudos apontam que, durante os dois anos subsequentes à pandemia, o orçamento federal destinado à pesquisa e desenvolvimento sofreu uma redução de aproximadamente 55%, equivalente a cerca de R\$ 2,5 bilhões, comprometendo a execução de projetos e a manutenção de bolsas de pesquisa (Escobar, 2022; PMC, 2020). As universidades federais foram as mais afetadas, com bloqueios superiores a R\$ 1,6 bilhão no orçamento do Ministério da Educação, o que reduziu drasticamente a capacidade operacional de grupos de pesquisa e laboratórios.

Mesmo diante desse cenário adverso, as Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) se destacaram por sua resiliência e protagonismo, concentrando 63,8% das publicações nacionais sobre HABs. Essa predominância reflete o papel estruturante dessas instituições na consolidação de linhas de pesquisa, na formação de recursos humanos e na manutenção de redes colaborativas, mesmo em contextos de restrição orçamentária.

Entre as IFES (Figura 3), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) ocupa a liderança, com 17 publicações ($\approx 25\%$ do total), seguida pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), com 16 estudos (23%), e pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), com 15 publicações (22%). Esse trio confirma a centralização da produção científica sobre HABs nas regiões Sudeste e Sul, que historicamente concentram infraestrutura laboratorial e financiamento público.

Outro destaque é a colaboração internacional. Instituições como o Ifremer e o CNRS (França), e a Wageningen University & Research (Países Baixos), figuram entre os principais parceiros estrangeiros, com 5 a 7 publicações conjuntas — representando 7% a 10% da produção total. Essa cooperação evidencia o interesse global no tema e a inserção crescente dos grupos brasileiros em redes internacionais de pesquisa.

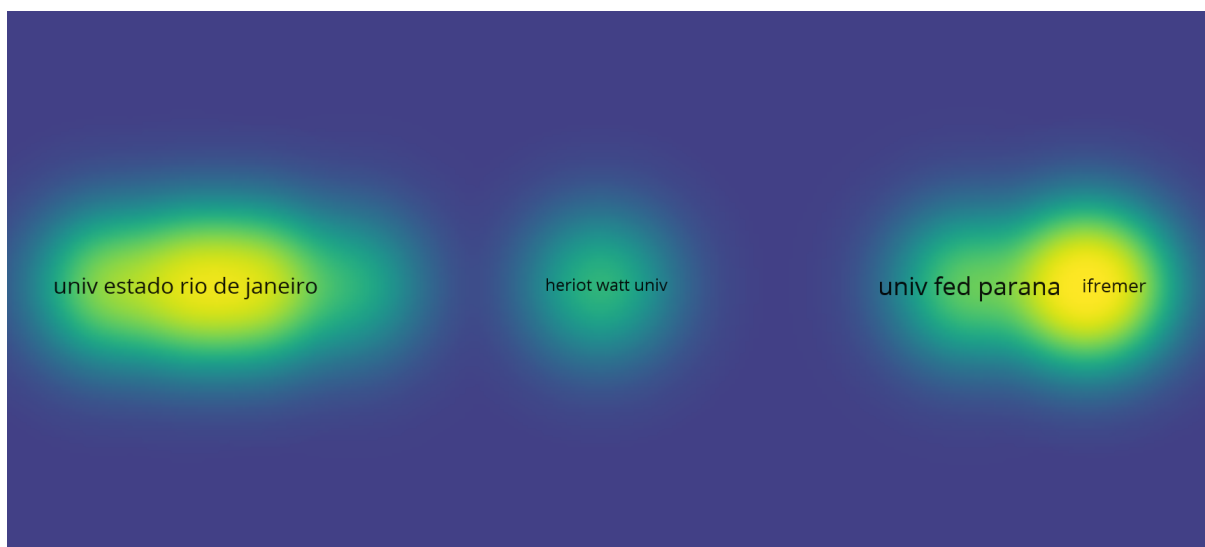


Figura 3. Instituições mais frequentes. As instituições que geram mais artigos estão agrupadas em clusters relacionados a essas publicações: onde os clusters indicam a densidade dos itens, isto é, quanto maior o número de itens na vizinhança de um ponto e quanto maiores os pesos dos itens vizinhos, mais próxima a cor do ponto estará do amarelo.

No contexto geográfico, as regiões Sudeste, Sul e Nordeste concentram a maior parte da produção científica (Figura 4), o que pode estar relacionado tanto ao clima favorável à proliferação de microalgas quanto ao impacto socioeconômico das florações em reservatórios e zonas costeiras densamente habitadas.

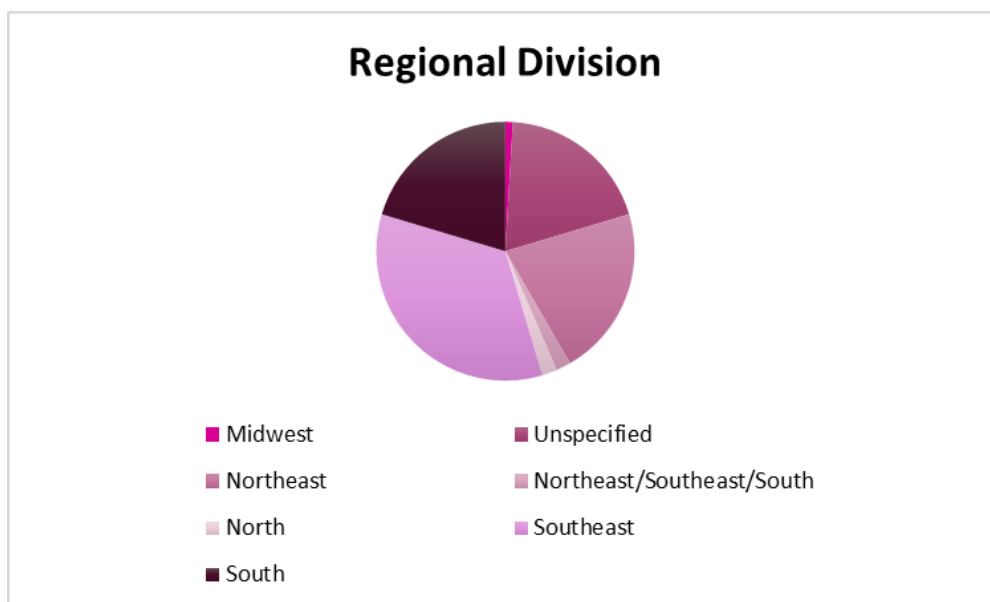


Figura 4. Divisão Regional das publicações produzidas.

As colaborações internacionais também foram mapeadas (Figura 5). Os Estados Unidos e a França emergem como os principais parceiros de cooperação, seguidos por Holanda e Uruguai. A espessura das linhas de conexão entre os países representa a intensidade colaborativa, sendo mais espessas nas relações com maior frequência de coautorias.

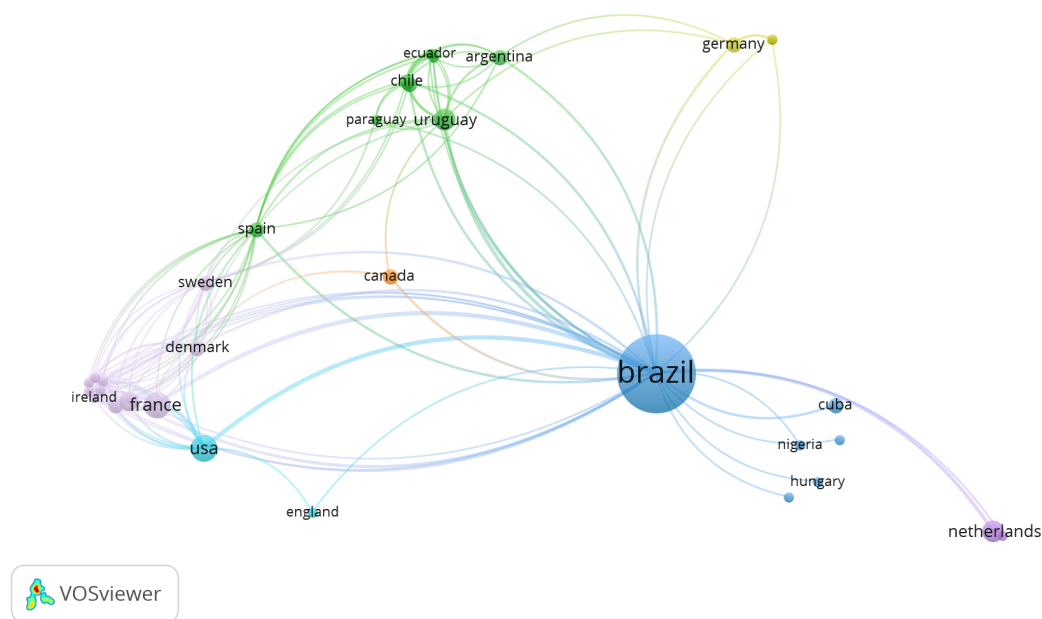


Figura 5. Rede de cooperação dos países produtores. O tamanho da fonte da letra é proporcional ao volume de publicação, enquanto a espessura das linhas de conexão entre os países demonstra a intensidade da cooperação. Quanto mais espessa a linha de conexão, maior a frequência de cooperação entre dois ou mais países.

A análise das palavras-chave revela agrupamentos temáticos organizados em clusters (Figura 6), indicando as áreas mais ativas da pesquisa nacional.

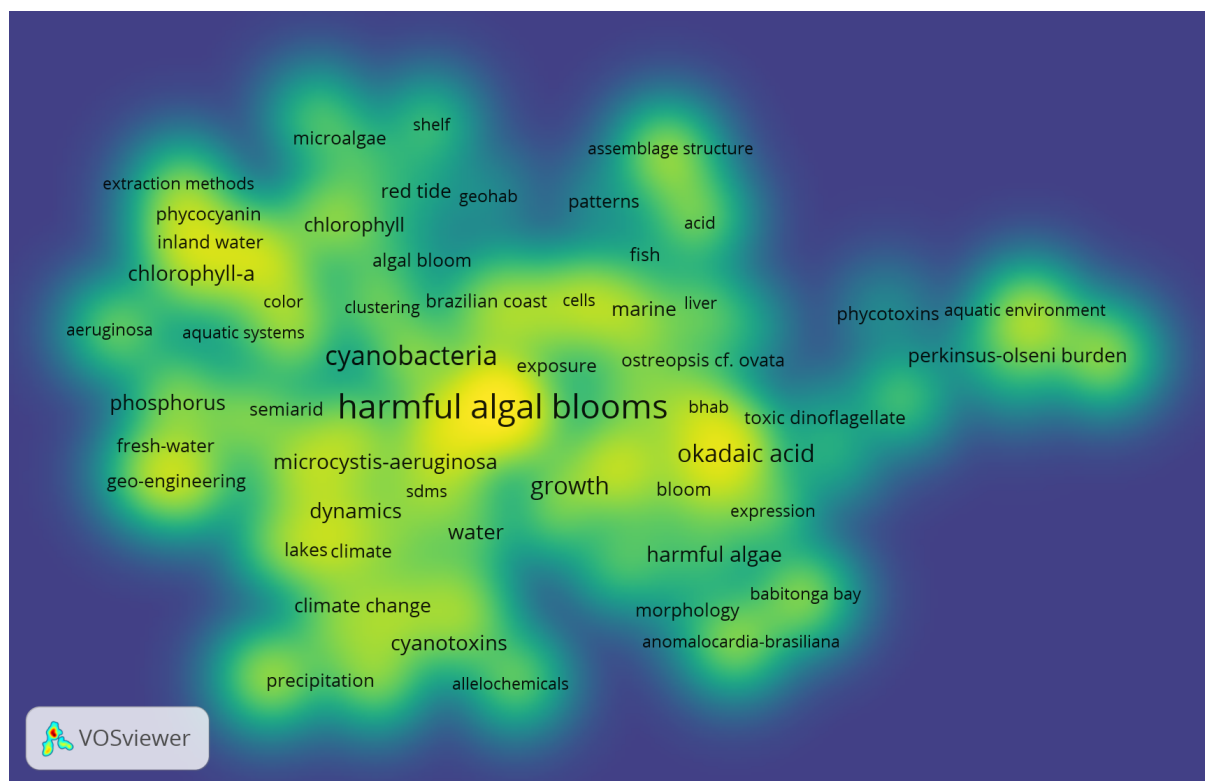


Figura 6. Palavras-chave mais frequentes. Quanto mais amarelo, maior a densidade dessa palavra-chave, e quanto mais azul menor a sua intensidade.

Os termos mais recorrentes incluem “harmful algal blooms”, “eutrophication”, “phytoplankton”, “cyanobacteria”, “okadaic acid”, “climate change” e “toxicity”. Esses clusters convergem para quatro eixos temáticos principais:

- (i) ecologia e dinâmica de comunidades,
- (ii) toxicologia e saúde pública,
- (iii) eutrofização e qualidade da água,
- (iv) mudanças climáticas e processos oceanográficos.

A centralidade de “harmful algal blooms” e “eutrophication” demonstra que a literatura brasileira está alinhada à agenda internacional de mitigação de impactos ambientais e ao uso de indicadores ecológicos integrados.

A rede de coautorias (Figura 7) destaca os pesquisadores com maior produtividade e influência científica.

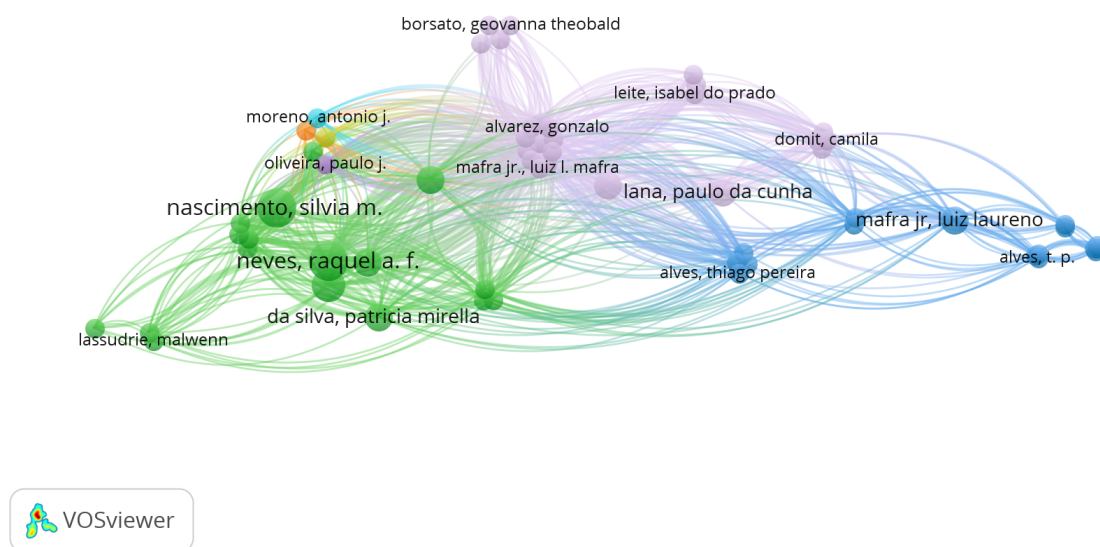


Figura 7. Representação do VOSviewer dos principais autores. O tamanho da fonte da letra é proporcional ao volume de publicação, enquanto a espessura das linhas de conexão entre os países demonstra a intensidade da cooperação. Quanto mais espessa a linha de conexão, maior a cooperação entre dois ou mais autores.

Os autores Mafra, L. L., Nascimento, S. M. e Neves, R. A. F. se destacam tanto pelo número de publicações quanto pela alta frequência de citações, refletindo a consolidação de grupos de pesquisa especializados em toxicidade de microalgas, dinâmica de comunidades planctônicas e impactos ecotoxicológicos. Essa rede de cooperação evidencia a formação de núcleos interconectados de excelência científica, que têm impulsionado o avanço do conhecimento sobre HABs no Brasil e na América Latina.

A distribuição das publicações por área de conhecimento (Figura 8) demonstra que as Ciências Ambientais, Oceanografia, Ecologia e Toxicologia constituem as principais frentes de investigação.

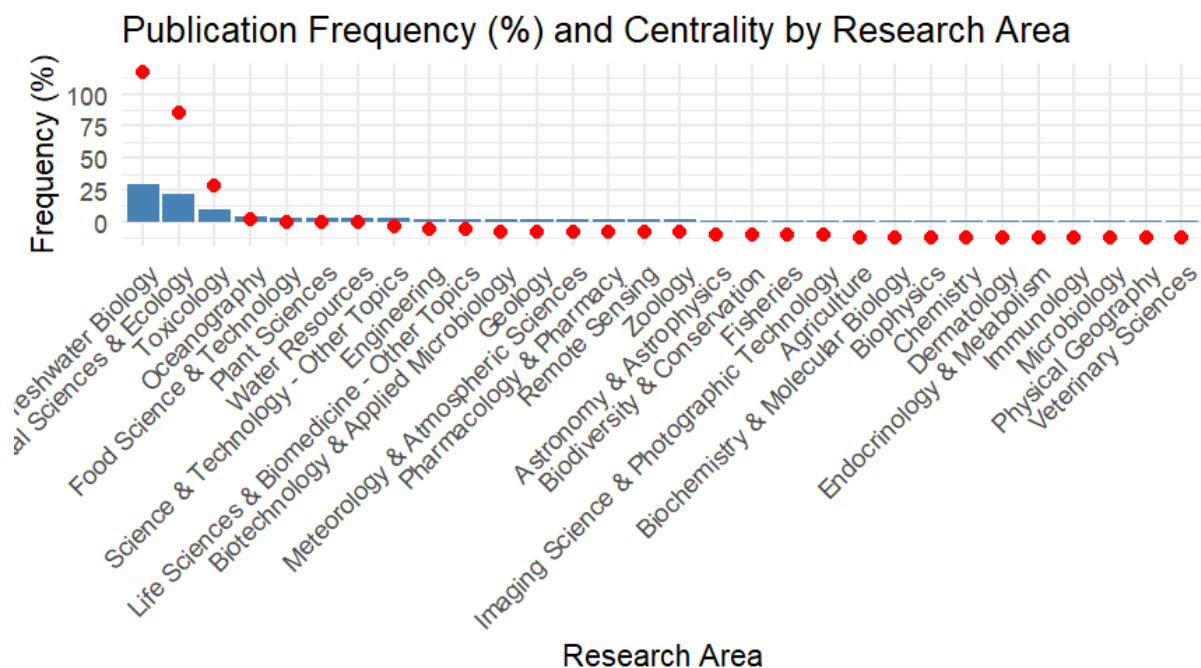


Figura 8. frequência (número de publicações) por área. As barras azuis representam as áreas de pesquisa e as bolas vermelhas representam a frequência da área ao longo dos anos.

O predomínio dessas áreas reforça o caráter interdisciplinar do tema, abrangendo desde a biologia e fisiologia de microalgas até a avaliação de riscos à saúde humana e à qualidade ambiental. Nota-se, ainda, o crescimento de abordagens integradas com Sensoriamento Remoto e Modelagem Ambiental, indicando a incorporação de ferramentas tecnológicas e preditivas aos programas de monitoramento costeiro.

A Tabela 1 apresenta os trabalhos mais citados entre 2000 e 2025, evidenciando as pesquisas de maior influência no cenário nacional. Entre eles, destacam-se estudos sobre ocorrência e toxicidade de cianobactérias e dinoflagelados, impactos ecológicos e estratégias de mitigação. O elevado número de citações desses artigos reflete a consolidação de uma base teórica robusta e a relevância crescente das HABs nas agendas científicas globais. Além disso, reforça o papel de grupos brasileiros em cooperação com instituições internacionais na expansão do conhecimento sobre HABs em ambientes tropicais e subtropicais, contribuindo para uma compreensão mais ampla dos impactos ecológicos e das respostas adaptativas em um cenário de mudanças climáticas aceleradas.

Tabela 1. Publicações sobre HAB's com maior número de citações entre 2000-2025.

#	Título completo	Autores (primeiro + <i>et al.</i>)	Periódico	Citações*
1	Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the Pacific white shrimp, <i>Litopenaeus vannamei</i> (onlinelibrary.wiley.com)	da Silva, K. R. et al.	<i>Journal of the World Aquaculture Society</i>	145
2	Controlling cyanobacterial blooms through effective flocculation and sedimentation with combined use of flocculants and phosphorus-adsorbing natural soil and modified clay (MDPI)	Noyma, N. P. <i>et al.</i>	<i>Water Research</i>	119
3	Climate change impacts on the atmospheric circulation, ocean, and fisheries in the southwest South Atlantic Ocean: a review (MDPI)	Franco, B. C. <i>et al.</i>	<i>Climatic Change</i>	92
4	Morphology-based functional groups as effective indicators of phytoplankton dynamics in a tropical cyanobacteria-dominated transitional river-reservoir system (ScienceDirect)	Rangel, L. M. <i>et al.</i>	<i>Ecological Indicators</i>	77
5	Microcystins in South American aquatic ecosystems: occurrence, toxicity and toxicological assays (PubMed)	Dörr, F. A. <i>et al.</i>	<i>Toxicon</i>	65
6	Comparative study of various immune parameters in three bivalve species during a natural bloom of <i>Dinophysis acuminata</i> in Santa Catarina Island, Brazil (MDPI)	Mello, D. F. <i>et al.</i>	<i>Toxins</i>	49
7	Environmental factors associated with toxic cyanobacterial blooms across 20 drinking-water reservoirs in a semi-arid region of Brazil (PubMed)	Barros, M. U. G. <i>et al.</i>	<i>Harmful Algae</i>	48
8	Coagulation and precipitation of cyanobacterial blooms (ScienceDirect)	Lürling, M. <i>et al.</i>	<i>Ecological Engineering</i>	47
9	<i>Ostreopsis</i> cf. <i>ovata</i> bloom in Currais, Brazil: phylogeny, toxin profile and contamination of mussels and marine plastic litter (MDPI)	Tibiriçá, C. E. J. A. <i>et al.</i>	<i>Toxins</i>	46

Os resultados obtidos nesta revisão revelam um panorama distinto do cenário global: embora as HABs sejam comumente associadas à dominância de dinoflagelados, no Brasil observa-se uma prevalência marcante de cianobactérias como principais organismos envolvidos nesses eventos, seguida dos dinoflagelados (Figura 9).

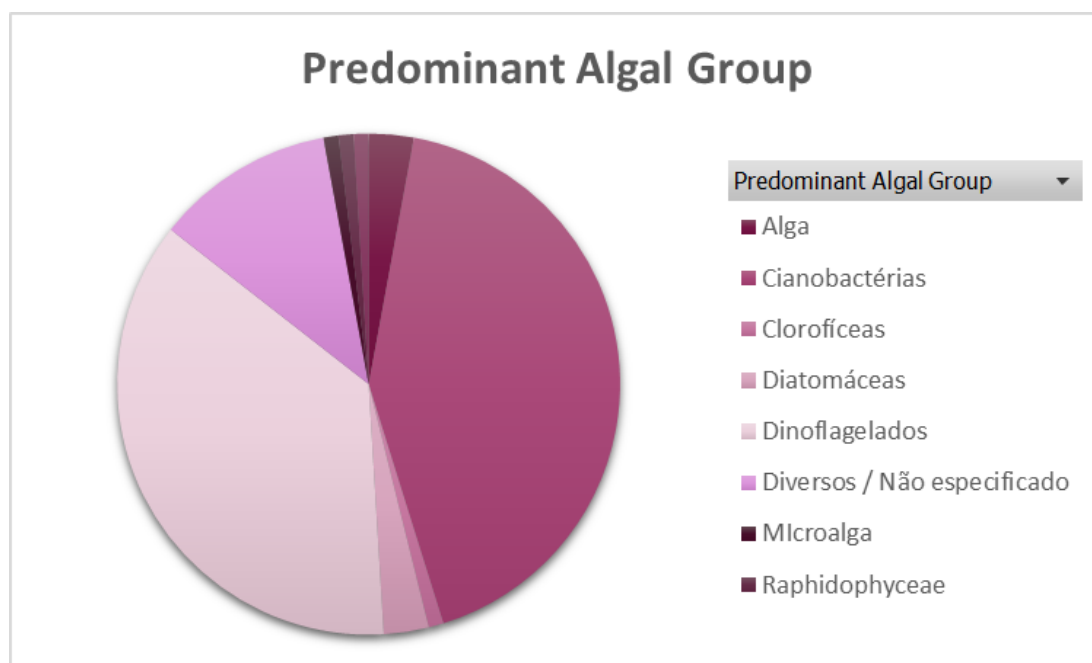


Figura 9. Divisão dos grupos algais examinados nos artigos selecionados.

4. Discussão

Nas últimas duas décadas, as florações algais nocivas (HABs) deixaram de ser um fenômeno pontual e tornaram-se um dos principais desafios ambientais das zonas costeiras e continentais brasileiras. O aumento de sua frequência e intensidade coincide com a expansão urbana desordenada, o aporte contínuo de nutrientes e os efeitos sinérgicos das mudanças climáticas, que vêm modificando profundamente a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos tropicais.

De acordo com o IBGE (2022), cerca de 111,28 milhões de brasileiros vivem a menos de 100 km do litoral, o que potencializa a exposição humana a episódios de intoxicação e bioacumulação de toxinas geradas por HABs. Essa realidade confere ao tema uma relevância ambiental e sanitária que transcende o campo científico, alcançando a esfera das políticas públicas e da gestão de recursos hídricos.

Os resultados desta revisão revelam um padrão singular no contexto brasileiro comparado às latitudes temperadas, nessas regiões ocorre um predomínio dinoflagelados marinhos e diatomáceas tóxicas, como *Alexandrium*, *Dinophysis* e *Pseudo-nitzschia*, já no Brasil observa-se a predominância de cianobactérias, especialmente *Microcystis* spp., amplamente reportada em reservatórios artificiais, lagoas costeiras e lagos de inundação (Karlson *et al.*, 2021). Essa prevalência pode estar ligada a aspectos como a maior estabilidade térmica e à menor sazonalidade da coluna d'água em ambientes tropicais, características essas que elevam o nível de eutrofização no local e que favorecem a proliferação de cianobactérias, além da capacidade fisiológica das cianobactérias de prosperar em ambientes eutróficos ou hipertóficos, onde a estabilidade térmica e a disponibilidade de nutrientes favorecem sua floração (Sant'Anna *et al.*, 2008). Além disso, sua aptidão para sintetizar microcistinas — toxinas com potencial hepatotóxico — eleva o risco de impactos diretos à saúde pública e à potabilidade da água.

Nos ambientes marinhos, contudo, a dominância muda. Os gêneros *Dinophysis* e *Alexandrium* permanecem como os principais responsáveis por eventos de contaminação de moluscos bivalves e consequentes interdições pesqueiras e aquícolas (Anderson *et al.*, 2012; Aguilera *et al.*, 2023). Casos pontuais, como a floração de *Akashiwo sanguinea* na Baía de Todos os Santos (Affe *et al.*, 2021), exemplificam a amplitude ecológica e adaptativa desses organismos, além de expor a vulnerabilidade de ecossistemas costeiros tropicais frente a distúrbios climáticos e antrópicos.

Mais recentemente, abordagens inovadoras vêm redefinindo o monitoramento de HABs no Brasil. Ferramentas como o sensoriamento remoto, a modelagem preditiva e a integração de dados moleculares e ecológicos têm permitido mapear padrões espaciais e temporais com maior precisão (Mafra *et al.*, 2024). A aplicação dessas metodologias em reservatórios estratégicos, como Billings (SP) e Armando Ribeiro Gonçalves (RN), tem se mostrado crucial para compreender os ciclos de vida, os gatilhos ambientais e os limiares ecológicos das florações.

Embora as Instituições Federais estejam a frente sobre o entendimento e aplicação dessas novas tecnologias, torna-se necessário a ampliação do tema e a promoção a participação de instituições emergentes. Apesar do protagonismo das universidades federais, os resultados revelam a necessidade de ampliar a difusão do tema e promover a participação de instituições emergentes. A concentração de estudos reflete desigualdades regionais persistentes no acesso a recursos, infraestrutura e políticas de incentivo. Regiões com menor investimento científico permanecem sub-representadas, o que reforça a urgência de estratégias nacionais de descentralização da pesquisa e fortalecimento de redes cooperativas.

Contudo, o avanço científico contrasta com a fragilidade institucional e regulatória. O cumprimento da Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, que exige o monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas na água destinada ao consumo humano, ainda enfrenta desafios de implementação, especialmente em municípios com baixa capacidade técnica. A ausência de políticas integradas de vigilância ambiental, gestão de risco e comunicação científica acessível agrava a vulnerabilidade das populações expostas.

Nesse contexto, o fortalecimento das redes interdisciplinares — que integrem ecologia, toxicologia, oceanografia química, biologia molecular e ciência de dados — torna-se imperativo para o enfrentamento desse problema em múltiplas escalas. A integração entre pesquisa científica, gestão pública e conscientização social representa um eixo estratégico para reduzir os impactos das HABs sobre os ecossistemas e a saúde humana.

5. Conclusão

A presente revisão cienciométrica e sistemática evidencia que a pesquisa sobre florações algais nocivas no Brasil apresenta crescimento consistente e amadurecimento conceitual, acompanhando tendências globais e ampliando a compreensão dos mecanismos ecológicos e impactos associados. O aumento das publicações a partir de 2010 reflete não apenas a consolidação de grupos de pesquisa e colaborações internacionais, mas também uma tomada de consciência nacional sobre os riscos ecológicos, econômicos e sanitários das HABs.

A natureza multidisciplinar e multiescalar das HABs demanda novas estratégias de investigação e gestão. O avanço recente do uso de sensoriamento remoto, imagens de satélite, drones e modelagem preditiva inaugura uma era de monitoramento ambiental inteligente, capaz de antecipar eventos críticos e apoiar decisões de gestão costeira e continental.

Entretanto, permanecem lacunas significativas: a distribuição desigual da pesquisa, concentrada nas regiões Sudeste e Sul, e a escassez de estudos voltados às regiões Norte e Centro-Oeste, evidenciam a persistência de assimetrias regionais em infraestrutura e financiamento científico. Além disso, há deficiência na integração de abordagens socioambientais, que conectem os impactos ecológicos às dinâmicas sociais e à saúde pública.

No horizonte científico, observa-se uma expansão das pesquisas em ecologia molecular, genômica ambiental e modelagem acoplada de ecossistemas, capazes de desvendar as respostas adaptativas das espécies formadoras de florações algais nocivas (HAB's) frente às mudanças climáticas e da acidificação oceânica. A inserção dessas ferramentas possibilita a incorporação e desenvolvimento de modelos preditivos sobre ocorrência de futuras florações, além de auxiliar na compreensão de aspectos como a composição a taxonômica das comunidades fitoplanctônica e as respostas adaptativas, sejam elas fisiológicas ou genéticas frente a estressores ambientais, como aquecimento das águas e intensificação da eutrofização impulsionada por atividades aquáticas.

Em síntese, compreender a complexidade das florações algais nocivas é mais do que uma tarefa científica — é uma necessidade estratégica para a sustentabilidade ambiental e a segurança sanitária do país. A mitigação de seus impactos requer ciência de excelência, políticas públicas eficazes e colaboração internacional contínua, consolidando o Brasil como um ator relevante na compreensão global das HABs e de suas consequências para o futuro dos ecossistemas aquáticos.

6. Referências

- Affe, H. M. de J., Conceição, L. P., Rocha, D. S. B., Proença, L. A. de O., & Nunes, J. M. de C. (2021). Phytoplankton community in a tropical estuarine gradient after an exceptional harmful bloom of *akashiwo sanguinea* (Dinophyceae) in the todos os santos bay. *Ocean and Coastal Research*, 69. <https://doi.org/10.1590/2675-2824069.20-004hmdja>
- Aguilera, A., Almanza, V., Haakonsson, S., Palacio, H., Benitez Rodas, G. A., Barros, M. U. G., Capelo-Neto, J., Urrutia, R., Aubriot, L., & Bonilla, S. (2023). Cyanobacterial bloom monitoring and assessment in Latin America. In *Harmful Algae* (Vol. 125). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102429>
- Alcántara, I., Somma, A., Chalar, G., Fabre, A., Segura, A., Achkar, M., Arocena, R., Aubriot, L., Baladán, C., Barrios, M., Bonilla, S., Burwood, M., Calliari, D. L., Calvo, C., Capurro, L., Carballo, C., Céspedes-Payret, C., Conde, D., Corrales, N., ... García-Rodríguez, F. (2022). A reply to “Relevant factors in the eutrophication of the Uruguay River and the Río Negro.” In *Science of the Total Environment* (Vol. 818). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151854>
- Almeida, M.A.; Cunha, M.A & Alcântara, F. 2001. Factors influencing bacterial production in a shallow estuarine system. *Microbial Ecology*, 42: 416-426. <http://dx.doi.org/10.1007/s002480000119>
- Alves, T. P., & Mafra, L. L. (2018). Diel variations in cell abundance and trophic transfer of diarrhetic toxins during a massive dinophysis bloom in Southern Brazil. *Toxins*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/toxins10060232>
- Alves, T. P., Pinto, T. O., & Mafra, L. L. (2020). Frequent accumulation of diarrhetic shellfish toxins by different bivalve species in a shallow subtropical estuary. *Regional Studies in Marine Science*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101501>
- Alves, T. P., Schramm, M. A., Proença, L. A. O., Pinto, T. O., & Mafra, L. L. (2018). Interannual variability in Dinophysis spp. abundance and toxin accumulation in farmed mussels (*Perna perna*) in a subtropical estuary. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(6). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6699-y>
- Alves-de-Souza, C., Pecqueur, D., le Floc'H, E., Mas, S., Roques, C., Mostajir, B., Vidussi, F., Velo-Suárez, L., Sourisseau, M., Fouilland, E., & Guillou, L. (2015). Significance of plankton community structure and nutrient availability for the control of dinoflagellate blooms by parasites: A modeling approach. *PLoS ONE*, 10(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127623>
- Amorim, C. A., & Moura, A. do N. (2021). Ecological impacts of freshwater algal blooms on water quality, plankton biodiversity, structure, and ecosystem functioning. *Science of the Total Environment*, 758. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143605>

Anderson, D. M. (1997) Turning back the harmful red tide *Nature* 388, 513-514 (August 1997)

Anderson, D. M. (2009). Approaches to monitoring, control and management of Harmful Algal Blooms (HABs) Biology Department, MS 32, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA 02543, USA.

Anderson, D. M.; Cembella, A. D.; Hallegraeff, G. M. Progress in understanding harmful algal blooms: paradigm shifts and new technologies for research, monitoring, and management. *Annual Review of Marine Science*, v. 4, p. 143–176, 2012. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120308-081121>

Anderson, D. M.; Glibert, P. M.; Burkholder, J. M. Harmful algal blooms and eutrophication: Examining linkages from selected coastal regions of the world. *Harmful Algae*, v. 102, p. 101961, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101961>

Aranha, T. R. B. T., Martinez, J. M., Souza, E. P., Barros, M. U. G., & Martins, E. S. P. R. (2022). Remote Analysis of the Chlorophyll-a Concentration Using Sentinel-2 MSI Images in a Semiarid Environment in Northeastern Brazil. *Water (Switzerland)*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/w14030451>

Arruda, R. S., Jacinavicius, F. R., Noyma, N. P., Drummond, E., Barreto, D. A., da Silva, L. H. S., Huszar, V. L., Pinto, E., Lüring, M., & Marinho, M. M. (2024). Cyanopeptides occurrence and diversity in a Brazilian tropical reservoir: Exploring relationships with water quality. *Environmental Pollution*, 351. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124051>

Backer, L. C.; Mcneel, S. V.; Bartram, J.; Fawell, J.; Jones, G.; Kuiper-Goodman, T.; et al. Recreational exposure to cyanobacterial harmful algal blooms: Risks and benefits *Toxins*, v. 5, n. 10, p. 1891–1909, 2013. <https://doi.org/10.3390/toxins5101891>

Barros, M. P., Hollnagel, H. C., Glavina, A. B., Soares, C. O., Ganini, D., Dagenais-Bellefeuille, S., Morse, D., & Colepicolo, P. (2013). Molybdate: Sulfate ratio affects redox metabolism and viability of the dinoflagellate *Lingulodinium polyedrum*. *Aquatic Toxicology*, 142–143, 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2013.08.012>

Barros, M. U. G., Wilson, A. E., Leitão, J. I. R., Pereira, S. P., Buley, R. P., Fernandez-Figueroa, E. G., & Capelo-Neto, J. (2019). Environmental factors associated with toxic cyanobacterial blooms across 20 drinking water reservoirs in a semi-arid region of Brazil. *Harmful Algae*, 86, 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.05.006>

Borsato, G. T., Salgueiro, F., da Silva, C. G. T., Menezes-Salgueiro, A. D., & Nascimento, S. M. (2020). *Ostreopsis lenticularis* Y. Fukuyo (Dinophyceae, Gonyaulacales) from the South Atlantic Ocean: morphological and molecular characterization. *Marine Pollution Bulletin*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111441>

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 26 mar. 2004.

Brêda-Alves, F., de Oliveira Fernandes, V., & Chia, M. A. (2021). Understanding the environmental roles of herbicides on cyanobacteria, cyanotoxins, and cyanoHABs. In *Aquatic Ecology* (Vol. 55, Issue 2, pp. 347–361). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s10452-021-09849-2>

Brierley, A. S. Plankton. *Current Biology*, v. 27, n. 11, p. R478–R483, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.03.030>

Bushaw-Newton, K.L. and Sellner, K.G. (1999a) (on-line). Harmful Algal Blooms. In: NOAA's State of the Coast Report. Silver Spring, MD: National Oceanic and Atmospheric Administration. http://state-of-coast.noaa.gov/bulletins/html/hab_14/hab.html ; acessado em 18 de Setembro de 2025. *(1999a) entrevista anexa a Fran Van Dolah - Research Biochemist, Center for Coastal Environmental Health and Biomolecular Research, National Ocean Service, NOAA

Campos, T. G. V., Gama, W. A., Geraldies, V., Yoon, J., Crnkovic, C. M., Pinto, E., & Jacinavicius, F. R. (2024). New records on toxic cyanobacteria from Brazil: Exploring their occurrence and geography. *Science of the Total Environment*, 931. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172689>

Carneiro, C. et al. The impact of COVID-19 on scientific research in Brazil. *Journal of Science Policy & Governance*, v. 18, n. 1, p. 1–10, 2020. Disponível em: <https://www.jspg.org/>

Castro, N. O.; Moser, G. A. O. Florações de algas nocivas e seus efeitos ambientais. *Oecologia Australis*, v. 16, n. 2, p. 235–264, 2012. <https://doi.org/10.4257/oeco.2012.1602.05>

Castro, N. O., Domingos, P., & Moser, G. A. O. (2016). National and international public policies for the management of harmful algal bloom events. A case study on the Brazilian coastal zone. *Ocean and Coastal Management*, 128, 40–51. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.04.016>

Cermeño, P., Dutkiewicz, S., Falkowski, P. G., Follows, M. J., Harris, R. P., and Schofield, O.: The role of oceanic nutricline depth in regulating Earth's carbon cycle, *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 105, 20344–20349, <https://doi.org/10.1073/pnas.0811302106>, 2008.

Conceição, L. P., de Jesus Affe, H. M., da Silva, D. M. L., & de Castro Nunes, J. M. (2021). Spatio-temporal variation of the phytoplankton community in a tropical estuarine gradient, under the influence of river damming. *Regional Studies in Marine Science*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101642>

Cruz, Q. S. da, Cutrim, M. V. J., Santos, T. P., Sá, A. K. D. dos S., & Cavalcanti-Lima, L. F. (2023). Environmental heterogeneity of a tropical river-to-sea continuum and its relationship with structure and phytoplankton dynamics – Lençóis Maranhenses National Park. *Marine Environmental Research*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.105950>

Cuellar-Martinez, T., Ruiz-Fernández, A. C., Alonso-Hernández, C., Amaya-Monterrosa, O., Quintanilla, R., Carrillo-Ovalle, H. L., Arbeláez, M. N., Díaz-Asencio, L., Méndez, S. M., Vargas, M., Chow-Wong, N. F., Valerio-Gonzalez, L. R., Enevoldsen, H., & Bottein, M. Y. D. (2018). Addressing the problem of harmful algal blooms in Latin America and the Caribbean- A regional network for early warning and response. *Frontiers in Marine Science*, 9(NOV). <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00409>

Chen, C. *The CiteSpace Manual*. Philadelphia: Clarivate Analytics, 2014.

Chorus, I.; Bartram, J. (Eds.) *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. London: E & FN Spon / World Health Organization, 1999. 416 p. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00018-2](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00018-2)

Darley, W.M. 1977. Biochemical composition. Pp. 198- 223. In: D. Werner (ed.). *The biology of diatoms*. University of California Press, Berkeley, CA. 498p .

de Azevedo Tibiriçá, C. E. J., Fernandes, L. F., & Mafra, L. L. (2015). Seasonal and spatial patterns of toxigenic species of dinophysis and pseudo-nitzschia in a subtropical brazilian estuary. *Brazilian Journal of Oceanography*, 63(1), 17–32. <https://doi.org/10.1590/S1679-87592015071906301>

de Castro, N. O., & de Oliveira Moser, G. A. (2012). Florações de Algas Nocivas E Seus Efeitos Ambientais. *Oecologia Australis*, 16(2), 235–264. <https://doi.org/10.4257/oeco.2012.1602.05>

de Lima Pinheiro, M. M., Temponi Santos, B. L., Vieira Dantas Filho, J., Perez Pedroti, V., Cavali, J., Brito dos Santos, R., Oliveira Carreira Nishiyama, A. C., Guedes, E. A. C., & de Vargas Schons, S. (2023). First monitoring of cyanobacteria and cyanotoxins in freshwater from fish farms in Rondônia state, Brazil. *Heliyon*, 9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18518>

de Lima, T. M. A., Barbosa, C. C. F., Nordi, C. S. F., Begliomini, F. N., Martins, V. S., Watanabe, F. S. Y., Wanderley, R. L. N., & Paulino, R. S. (2025). A novel hybrid cyanobacteria mapping approach for inland reservoirs using Sentinel-3 imagery. *Harmful Algae*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2025.102836>

de Magalhães, L., Noyma, N. P., Furtado, L. L., Mucci, M., van Oosterhout, F., Huszar, V. L. M., Marinho, M. M., & Lüring, M. (2017). Efficacy of Coagulants and Ballast Compounds in Removal of Cyanobacteria (Microcystis) from Water of the Tropical Lagoon Jacarepaguá (Rio de Janeiro, Brazil). *Estuaries and Coasts*, 40(1), 121–133. <https://doi.org/10.1007/s12237-016-0125-x>

de Souza, M. S., Muelbert, J. H., Costa, L. D. F., Klering, E. v., & Yunes, J. S. (2018). Environmental Variability and Cyanobacterial Blooms in a Subtropical Coastal Lagoon: Searching for a Sign of Climate Change Effects. *Frontiers in Microbiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01727>

do Prado Leite, I., Menegotto, A., da Cunha Lana, P., & Júnior, L. L. M. (2022). A new look at the potential role of marine plastic debris as a global vector of toxic benthic algae. *Science of the Total Environment*, 838. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156262>

Dodge, J.D. 1979. The phytoflagellates: fine structure and phylogeny. Pp. 7-57. In: M. Levandowsky & S.H. Hutner (eds.). *Biochemistry and Physiology of Protozoa*. Second Edition. Academic Press, New York, NY. 509p.

Dörr, F. A., Pinto, E., Soares, R. M., & Feliciano de Oliveira e Azevedo, S. M. (2010). Microcystins in South American aquatic ecosystems: Occurrence, toxicity and toxicological assays. In *Toxicon* (Vol. 56, Issue 7, pp. 1247–1256). <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2010.03.018>

Drummond, E., Leite, V. B. G., Noyma, N. P., de Magalhães, L., Graco-Roza, C., Huszar, V. L., Lüring, M., & Marinho, M. M. (2022). Temporal and spatial variation in the efficiency of a Flocc & Sink technique for controlling cyanobacterial blooms in a tropical reservoir. *Harmful Algae*, 117. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2022.102262>

Duke, E.L. & Reimann, B.E.F. 1977. The ultrastructure of the diatom cell. Pp. 65-109. In: D. Werner (ed.). *The biology of diatoms*. University of California Press, Berkeley, CA. 498p.

Enevolden, H. O.; Bowen, R. E.; Clegg, M.; et al. Sustainable development of marine resources and the need for global governance of harmful algal blooms. *Ocean & Coastal Management*, v. 180, p. 104907, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104907>

Escobar, H. Brazil's sinking science. *Science*, v. 378, n. 6623, p. 12–13, 2022. <https://doi.org/10.1126/science.add5629>

Eppley, R.W.; Holm-Hansen, O. & Strickland, D.H. 1968. Some observations on the vertical migration of dinoflagellates. *Journal of Phycology*, 4: 333-340, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1529-8817.1968.tb04704.x>

Falkowski, P. G.; Barber, R. T.; Smetacek, V. Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production. *Science*, v. 281, n. 5374, p. 200–206, 1998. <https://doi.org/10.1126/science.281.5374.200>

Faustino, L. S., Queiroga, F. R., Hégaret, H., Marques-Santos, L. F., Neves, R. A. F., Nascimento, S., & da Silva, P. M. (2021). Effects of the toxic dinoflagellates *Prorocentrum lima* and *Ostreopsis cf. ovata* on immune responses of cultured oysters *Crassostrea gasar*. *Aquatic Toxicology*, 236. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105846>

Franco, B. C., Defeo, O., Piola, A. R., Barreiro, M., Yang, H., Ortega, L., Gianelli, I., Castello, J. P., Vera, C., Buratti, C., Pájaro, M., Pezzi, L. P., & Möller, O. O. (2020). Climate change impacts on the atmospheric circulation, ocean, and fisheries in the southwest South Atlantic Ocean: a review. In *Climatic Change* (Vol. 162, Issue 4, pp. 2359–2377). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02783-6>

Fuhrman, J. A.: Microbial community structure and its functional implications, *Nature*, 459, 193–199, 2009.

GeoHAB (2001). Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms, Science Plan. Glibert, P. and Pitcher, G. (eds). SCOR and IOC, Baltimore and Paris. 87 pp

Giani, A., Taranu, Z. E., von Rückert, G., & Gregory-Eaves, I. (2020). Comparing key drivers of cyanobacteria biomass in temperate and tropical systems. *Harmful Algae*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101859>

Gobler, C. J. Climate change and harmful algal blooms: insights and perspective. *Harmful Algae*, v. 91, p. 101731, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.101731>

GlobalHAB. Global Harmful Algal Blooms Programme: Science and implementation plan. Paris: IOC-UNESCO, 2023. Disponível em: <https://www.globalhab.info>. Acesso em: 20/09/2025.

GlobalHAB (IOC-UNESCO and SCOR): Latinamerica contribution to the international coordination for sound knowledge of HABs and management of their impacts. (n.d.). <http://www.globalhab.info>

Gomes, A. C. S., de La Cruz, L. T., Garcia, Y., Bastos, R. B., & Lopes, R. M. (2022). Frame Rhythm: A new cost-effective approach for semi-automatic microalgal imaging and enumeration. *Algal Research*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102659>

Gómez, F., Qiu, D., Lopes, R. M., & Lin, S. (2017). Morphological and molecular characterization of the toxic dinoflagellate *Ostreopsis cf. ovata* (Gonyaulacales: Dinophyceae) from Brazil (South Atlantic Ocean). In *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN* (Vol. 65, Issue 3).

Granéli, E., & Salomon, P. S. (n.d.). *THE ROLE OF ALLELOPATHY FOR HARMFUL ALGAE BLOOM FORMATION*.

Grigoriyan, A., Lorini, M. L., Figueiredo, M. de S. L., Corrêa Almada, E. V., & Nascimento, S. M. (2024). Effects of culture conditions on the growth of the benthic dinoflagellates *Ostreopsis cf. ovata*, *Prorocentrum lima* and *Coolia malayensis* (Dinophyceae): A global review. *Harmful Algae*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102565>

Guimarães, A., Henrique da Silva, P., Melo Carneiro, F., Paiva Silva, D., & P. S. D. (n.d.). Using distribution models to estimate blooms of phytosanitary cyanobacteria in Brazil. *Biota Neotropica*, 20(2), 2020. <https://doi.org/10.1590/1676>

Hallegraeff, G. M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, No. 32, pp. 79–9.

Hallegraeff, G.M. 2003. Harmful algal blooms: a global overview. Pp. 25-49. In: G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson & A.D. Cembella (eds). *Manual on harmful marine microalgae*. UNESCO, Paris, FR. 793p.

Hallegraeff, G.M. 2010. Ocean climate change, phytoplankton community responses, and harmful algal blooms: a formidable predictive challenge. *Journal of Phycology*, 46: 220- 235, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1529-8817.2010.00815.x>

Hallegraeff, G.M.; Anderson, D.M. & Cembella, A.D. 1995. *Manual on harmful marine microalgae*. IOC Manuals and Guides N° 33. UNESCO, Paris, FR. 793p.

Hasle, G.R. 1950. Phototactic vertical migration in marine dinoflagellates. *Oikos*, 2: 162-175.

Heisler, J.; Glibert, P. M.; Burkholder, J. M.; Anderson, D. M.; Cochlan, W.; Dennison, W. C.; Gobler, C. J.; HEIL, C. A.; Humphries, E.; Lewin, J.; et al. Eutrophication and harmful algal blooms: A scientific consensus. *Harmful Algae*, v. 8, n. 1, p. 3–13, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2008.08.006>

Huszar, V. L. M.; Silva, L. H. S.; Marinho, M.; Domingos, P.; Sant’Anna, C. L. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia*, v. 424, n. 1-3, p. 67-77, 2000.

IEEE Chilean Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies : Valparaíso, Chile, October 29-31, 2019. (2019). IEEE.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).

Características gerais da população, domicílios e acesso a serviços básicos: Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10/10/2025.

Karlson, B.; Cusack, C.; Bresnan, E. Harmful algal blooms and their effects in coastal seas of Northern Europe. *Harmful Algae*, v. 102, p. 101989, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101989>

Khalid, M., Fonseca, H. A. B., Verga, L. G., Rafe Hatshan, M., da Silva, J. L. F., Varela, H., & Shahgaldi, S. (2023). Facile synthesis of Ru nanoclusters embedded in carbonaceous shells for hydrogen evolution reaction in alkaline and acidic media. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 929. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2022.117116>

Kitamura, R. S. A., da Silva, A. R. S., Pagioro, T. A., & Martins, L. R. R. (2023). Enhancing Biocontrol of Harmful Algae Blooms: Seasonal Variation in Allelopathic

Capacity of *Myriophyllum aquaticum*. *Water (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/w15132344>

Koenig, M. L., Flores Montes, M. J., Eskinazi Leça, E., & Tiburcio, A. S. X. S. (2014). Novo registro de *Akashiwo sanguinea* (Dinophyta) em águas estuarinas tropicais do nordeste do Brasil (Atlântico Ocidental). *Brazilian Journal of Biology*, 74(1), 191–198. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.03512>

Kudela, R.M. (2015). Harmful Algal Blooms. A Scientific Summary for Policy Makers. IOC/UNESCO, Paris (IOC/INF-1320).

Lanari, M., S. Copertino, M., Colling, L. A., & C. Bom, F. (2018). The impact of short-term depositions of macroalgal blooms on widgeon-grass meadows in a river-dominated estuary. *Harmful Algae*, 78, 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2018.07.006>

Landsberg, J. H. The effects of harmful algal blooms on aquatic organisms. *Reviews in Fisheries Science*, v. 10, n. 2, p. 113–390, 2002: <https://doi.org/10.1080/20026491051695>

Lassudrie, M., Hégaret, H., Wikfors, G. H., & da Silva, P. M. (2020). Effects of marine harmful algal blooms on bivalve cellular immunity and infectious diseases: A review. In *Developmental and Comparative Immunology* (Vol. 108). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2020.103660>

Leedale, G.F. 1967. Euglenoid flagellates. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ. 242p.

Legislação De Saúde, S. E. (2005). *Portaria MS n.º 518/2004*. <http://www.saude.gov.br/editora>

LOCICERO, V. R. (ed.). Proceedings of The First International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms. Boston: Massachusetts Science And Technology Foundation, 1974. 541 p. Disponível em: <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/38501>. Acesso em: 1 set. 2025.

Lüring, M., Kang, L., Mucci, M., van Oosterhout, F., Noyma, N. P., Miranda, M., Huszar, V. L. M., Waajen, G., & Marinho, M. M. (2020). Coagulation and precipitation of cyanobacterial blooms. *Ecological Engineering*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106032>

Luz, L. F. G., & Noernberg, M. A. (2022). Spectral changing during a massive bloom event of *Dinophysis cf. accuminata* in south Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102681>

Macêdo, R. L., Haubrock, P. J., & Rocha, O. (2023). Towards effective management of the marine-origin *Prymnesium parvum* (Haptophyta): A growing concern in freshwater reservoirs? *Harmful Algae*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102513>

- Mafra, L. L., Escobar, B. P., & Sobrinho, B. F. (2024). Harmful algae in the Paranaguá Estuarine Complex, Brazil: a spatio-temporal assessment. *Ocean and Coastal Research*, 72. <https://doi.org/10.1590/2675-2824072.23103>
- Mafra, L. L., Sunesen, I., Pires, E., Nascimento, S. M., Álvarez, G., Mancera-Pineda, J. E., Torres, G., Carnicer, O., Huamaní Galindo, J. A., Sanchez Ramirez, S., Martínez-Goicoechea, A., Morales-Benavides, D., & Valerio-González, L. (2023). Benthic harmful microalgae and their impacts in South America. *Harmful Algae*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102478>
- Mafra, L. L., Tavares, C. P. dos S., & Schramm, M. A. (2014). Diarrhetic toxins in field-sampled and cultivated *Dinophysis* spp. cells from southern Brazil. *Journal of Applied Phycology*, 26(4), 1727–1739. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0219-9>
- Matta, E., Selge, F., Gunkel, G., & Hinkelmann, R. (2017). Three-dimensional modeling of wind- and temperature-induced flows in the Icó-Mandantes Bay, Itaparica Reservoir, NE Brazil. *Water (Switzerland)*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/w9100772>
- Mello, D. F., Proença, L. A. de O., & Barracco, M. A. (2010). Comparative study of various immune parameters in three bivalve species during a natural bloom of *Dinophysis acuminata* in Santa Catarina Island, Brazil. *Toxins*, 2(5), 1166–1178. <https://doi.org/10.3390/toxins2051166>
- Menezes, M., Branco, S., Miotto, M. C., & Alves-de-Souza, C. (2018). The Genus *Alexandrium* (dinophyceae, dinophyta) in Brazilian coastal waters. In *Frontiers in Marine Science* (Vol. 5, Issue NOV). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00421>
- Merico, A.; Tyrrell, T.; Lessard, E.J.; Oguz, T.; Stabeno, P.J.; Zeeman, S.I. & WHITLEDGE, T.E. 2004. Modelling phytoplankton succession on the Bering Sea shelf: role of climate influences and trophic interactions in generating *Emiliania huxleyi* blooms 1997-2000. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 51: 1803-1826. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr.2004.07.003>
- Moher, D. et al. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, v. 6, n. 7, p. e1000097, 2009.
- Moreira-González, A. R., Domit, C., Rosa, K. M. S., & Mafra, L. L. (2023). Occurrence of potentially toxic microalgae and diarrhetic shellfish toxins in the digestive tracts of green sea turtles (*Chelonia mydas*) from southern Brazil. *Harmful Algae*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102498>
- Müller, M. N., Mardones, J. I., & Dorantes-Aranda, J. J. (2020). Editorial: Harmful Algal Blooms (HABs) in Latin America. In *Frontiers in Marine Science* (Vol. 7). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00034>
- Nascimento, S. M., da Silva, R. A. F., Oliveira, F., Fraga, S., & Salgueiro, F. (2019). Morphology and molecular phylogeny of *Coolia tropicalis*, *Coolia malayensis* and a new lineage of the *Coolia canariensis* species complex (Dinophyceae) isolated from

Brazil. *European Journal of Phycology*, 54(3), 484–496.
<https://doi.org/10.1080/09670262.2019.1599449>

Nascimento, S. M., França, J. V., Gonçalves, J. E. A., & Ferreira, C. E. L. (2012). *Ostreopsis cf. ovata* (Dinophyta) bloom in an equatorial island of the Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 64(5), 1074–1078.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.03.015>

Nascimento, S. M., Neves, R. A. F., De'carli, G. A. L., Borsato, G. T., da Silva, R. A. F., Melo, G. A., de Moraes, A. M., Cockell, T. C., Fraga, S., Menezes-Salgueiro, A. D., Mafra, L. L., Hess, P., & Salgueiro, F. (2020). *Ostreopsis cf. ovata* (Dinophyceae) Molecular Phylogeny, Morphology, and Detection of Ovatoxins in Strains and Field Samples from Brazil. *Toxins*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/TOXINS12020070>

Néri, H. R., Vidal, V. L., Peixoto, N., Coelho, M., Portal Moreira, R. K. V. P., & Leão-Araujo, É. F. (2020). Seed production of bush snap beans genotypes in conventional and organic systems. *Revista Brasileira de Ciencias Agrarias*, 15(1).
<https://doi.org/10.5039/AGRARIA.V15I1A5684>

Neves, R. A. F., Fernandes, T., dos Santos, L. N., & Nascimento, S. M. (2017). Toxicity of benthic dinoflagellates on grazing, behavior and survival of the brine shrimp *Artemia salina*. *PLoS ONE*, 12(4).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175168>

Neves, R. A. F., Figueiredo, G. M., Valentin, J. L., da Silva Scardua, P. M., & Hégaret, H. (2015). Immunological and physiological responses of the periwinkle *Littorina littorea* during and after exposure to the toxic dinoflagellate *Alexandrium minutum*. *Aquatic Toxicology*, 160, 96–105.
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.01.010>

Neves, R. A. F., Nascimento, S. M., & Santos, L. N. (n.d.). *Harmful algal blooms and shellfish in the marine environment: an overview of the main molluscan responses, toxin dynamics, and risks for human health*.
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-16256-5/Published>

Neves, R. A. F., Santiago, T. C., Carvalho, W. F., Silva, E. dos S., da Silva, P. M., & Nascimento, S. M. (2019). Impacts of the toxic benthic dinoflagellate *Prorocentrum lima* on the brown mussel *Perna perna*: Shell-valve closure response, immunology, and histopathology. *Marine Environmental Research*, 146, 35–45.
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.03.006>

Noyma, N. P., de Magalhães, L., Furtado, L. L., Mucci, M., van Oosterhout, F., Huszar, V. L. M., Marinho, M. M., & Lüring, M. (2016). Controlling cyanobacterial blooms through effective flocculation and sedimentation with combined use of flocculants and phosphorus adsorbing natural soil and modified clay. *Water Research*, 97, 26–38. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.11.057>

Noyma, N. P., de Magalhães, L., Miranda, M., Mucci, M., van Oosterhout, F., Huszar, V. L. M., Marinho, M. M., Lima, E. R. A., & Lüring, M. (2017). Coagulant plus

ballast technique provides a rapid mitigation of cyanobacterial nuisance. *PLoS ONE*, 12(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178976>

Oliveira, C. Y. B., Oliveira, C. D. L., Almeida, A. J. G., Gálvez, A. O., & Dantas, D. M. (2019). Phytoplankton responses to an extreme drought season: A case study at two reservoirs from a semiarid region, northeastern Brazil. *Journal of Limnology*, 78(2), 176–184. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2019.1869>

Oliveira, M. M., Ventura, A. M. F., Fraga, A. S., Neves, M. H. C. B., Dantas, R. F., Hauser-Davis, R. A., Lopes, R. M., Salles, J. B., Bastos, F. F., Bastos, V. L. F. C., & Bastos, J. C. (2020). *Mugiliza* (Valenciennes, 1836) biomarker responses in a hypersaline lagoon in southeastern Brazil before and after a microalgal bloom. *International Aquatic Research*, 12(4), 231–241. <https://doi.org/10.22034/IAR.2020.1896881.1030>

Olivetti, D., Cicerelli, R., Martinez, J. M., Almeida, T., Casari, R., Borges, H., & Roig, H. (2023). Comparing Unmanned Aerial Multispectral and Hyperspectral Imagery for Harmful Algal Bloom Monitoring in Artificial Ponds Used for Fish Farming. *Drones*, 7(7). <https://doi.org/10.3390/drones7070410>

Ostrensky, A.; Melo, C. M. R.; Silveira, R. Floração de algas e riscos à aquicultura no Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 11, n. 1, p. 66–78, 2018.

Paerl, H. W.; Otten, T. G. Harmful cyanobacterial blooms: causes, consequences, and controls. *Microbial Ecology*, v. 65, p. 995–1010, 2013.

Page, M. J. et al. The PRISMA 2020 Statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 372, p. n71, 2021.

Parras, R., de Mendonça, G. C., da Costa, L. M., Rocha, J. R., Costa, R. C. A., Valera, C. A., Fernandes, L. F. S., Pacheco, F. A. L., & Pissarra, T. C. T. (2024). Land use footprints and policies in Brazil. *Land Use Policy*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.107121>

Paulino, R. S., Martins, V. S., Novo, E. M. L. M., Barbosa, C. C. F., Maciel, D. A., Wanderley, R. L. do N., Portela, C. I., Caballero, C. B., & Lima, T. M. A. (2025b). Generation of robust 10-m Sentinel-2/3 synthetic aquatic reflectance bands over inland waters. *Remote Sensing of Environment*, 318. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114593>

Pessanha, A. L. M., Sales, N. S., da Silva Lima, C. S., Clark, F. J. K., de Lima, L. G., de Lima, D. E. P. C., & Brito, G. J. S. (2021). The occurrence of fish species in multiple habitat types in a tropical estuary: Environmental drivers and the importance of connectivity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107604>

Pires, E., de Melo Tarouco, F., Alves, T. P., da Rosa, C. E., da Cunha Lana, P., & Mafra, L. L. (2021). Antioxidant responses and okadaic acid accumulation in *Laeonereis acuta* (Annelida) exposed to the harmful dinoflagellate *Prorocentrum* cf. *lima*. *Toxicon*, 203, 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.10.004>

Pírez, M., Gonzalez-Sapienza, G., Sienra, D., Ferrari, G., Last, M., Last, J. A., & Brena, B. M. (2013). Limited analytical capacity for cyanotoxins in developing countries may hide serious environmental health problems: Simple and affordable methods may be the answer. *Journal of Environmental Management*, 114, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.052>

Proença, L. A. O. (2006). Algal Blooms in Coastal Zones: Examples of Harmful Impacts From the Brazilian Coast. In *Source: Journal of Coastal Research: Vol. I*. <https://about.jstor.org/terms>

Puppim-Gonçalves, C. T., Medeiros, L. L. L. de, Lopes, P. F. M., & Freire, F. A. de M. (2024). Ulva lactuca blooms through the eyes of fishers: Threats to vulnerable coastal communities. *Marine Pollution Bulletin*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117038>

Queiroga, F. R., Hegaret, H., Carvalho, W. F., Naveira, C., Rodrigues, N., Santos, F. S. dos, Nascimento, S. M., & Neves, R. A. F. (2024). In vitro effects of the harmful benthic dinoflagellates *Prorocentrum hoffmannianum* and *Ostreopsis cf. ovata* on immune responses of the farmed oyster *Crassostrea gasar*. *Marine Environmental Research*, 198. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106503>

Raitsos, D. E. ;Lavender, S. J. ;Maravelias C. D. and Haralabous, J.; Richardson ;A. J. ;Reid, P.C. (2008) Identifying four phytoplankton functional types from space: An ecological approach - *Limnol. Oceanogr.*, 53(2), 2008, 605–613E 2008, by the American Society of Limnology and Oceanography, Inc.

Ramli, N. I. anah, Abas, F., Ismail, I. S., Rukayadi, Y., & Nor, S. M. (2023). Determination of Antioxidant Activity, Phenolic Compounds, and Toxicity of Methanolic and Ethanolic Extracts of Pink Pigmented Facultative Methylootrophs (PPFM) Bacteria Pigment. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 46(4), 1407–1421. <https://doi.org/10.47836/pjtas.46.4.21>

Ramos, T. K., Costa, L. D. F., Yunes, J. S., Resgalla, C., Barufi, J. B., Bastos, E. de O., Horta, P. A., & Rörig, L. R. (2021). Saxitoxins from the freshwater cyanobacterium *Raphidiopsis raciborskii* can contaminate marine mussels. *Harmful Algae*, 103. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2021.102004>

Rangel, L. M., Silva, L. H. S., Faassen, E. J., Lüring, M., & Ger, K. A. (2020). Copepod prey selection and grazing efficiency mediated by chemical and morphological defensive traits of cyanobacteria. *Toxins*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/toxins12070465>

Rangel, L. M., Soares, M. C. S., Paiva, R., & Silva, L. H. S. (2016). Morphology-based functional groups as effective indicators of phytoplankton dynamics in a tropical cyanobacteria-dominated transitional river-reservoir system. *Ecological Indicators*, 64, 217–227. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.12.041>
Research Unit in Business Sciences. (2020). <https://doi.org/10.54499/UIDB/04630/2020>

Reynolds, C. S. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 535 p.

Ribeiro, M. S. F., Tucci, A., Matarazzo, M. P., Viana-Niero, C., & Nardi, C. S. F. (2020). Detection of cyanotoxin-producing genes in a eutrophic reservoir (Billings Reservoir, São Paulo, Brazil). *Water (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/w12030903>

Riegman, R. & Winter, C. 2003. Lysis of plankton in the non-stratified southern North Sea during summer and autumn 2000. *Acta Oecologica*, 24: S133-S138. [http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X\(03\)00010-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X(03)00010-9)

Rodrigues, N. B., Pitol, D. L., Tocchini de Figueiredo, F. A., Tenfen das Chagas Lima, A. C., Burdick Henry, T., Mardegan Issa, J. P., de Aragão Umbuzeiro, G., & Pereira, B. F. (2022). Microcystin-LR at sublethal concentrations induce rapid morphology of liver and muscle tissues in the fish species *Astyanax altiparanae* (Lambari). *Toxicon*, 211, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2022.03.006>

Rolim, S. B. A., Veettil, B. K., Vieiro, A. P., Kessler, A. B., & Gonzatti, C. (2023). Remote sensing for mapping algal blooms in freshwater lakes: a review. In *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 30, Issue 8, pp. 19602–19616). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25230-2>

Sant'Anna, C. L.; Azevedo, M. T. P. Contribution to the knowledge of potentially toxic cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia*, v. 71, p. 359–385, 2000.

Sant'Anna, C. L.; Azevedo, M. T. P. Werner, V. R.; Dogo, C. R.; Rios, F. R.; Carvalho, 692 L. R., 2008. Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. *Algological Studies* 693 126, 251-265. <https://doi.org/10.1127/1864-1318/2008/0126-0251>

Santos, L. N., Franco, A. C. S., de Souza, J. S., Miyahira, I. C., Rodrigues, A. J. S., Gonçalves, I. C. B., Krepsky, N., Monte, H. A. B., Naveira, C., Cabrini, T. M. B., Abude, R. R. S., Augusto, M., Rodrigues, N., Guimarães, T. B., & Neves, R. A. F. (2021). Using richness of native and non-native aquatic species along a climatic gradient to test the intermediate disturbance hypothesis. *Hydrobiologia*, 848(9), 2055–2075. <https://doi.org/10.1007/s10750-021-04525-w>

Sherr, E.B. & Sherr, B.F. 2002. Significance of predation by protists in aquatic microbial food webs. *Antonie van Leeuwenhoek*, 81: 293-308, <http://dx.doi.org/10.1023/A:1020591307260>

Silva, G. A. G., Nogueira, I. D. B., da Silva Chiappa, G. R., & de Miranda Silva Nogueira, P. A. (2023). Efficacy of home-based inspiratory muscle training in patients post-covid-19: Protocol for a randomized clinical trial. *PLoS ONE*, 18(5 MAY). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279310>

Silva, R. D. dos S., Severiano, J. dos S., de Oliveira, D. A., Mendes, C. F., Barbosa, V. V., Chia, M. A., & Barbosa, J. E. de L. (2020). Spatio-temporal variation of

cyanobacteria and cyanotoxins in public supply reservoirs of the semi-arid region of Brazil. *Journal of Limnology*, 79(1), 13–29. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2019.1893>
 Smayda, T.J. & Boleyn, B.J. 1966. Experimental observations on the flotation of marine diatoms. II. *Skeletonema costatum* and *Rhizosolenia setigera*. *Limnology and Oceanography*, 11: 18-34.

Smayda, T. J. Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnology and Oceanography*, v. 42, n. 5, p. 1137–1153, 1997. https://doi.org/10.4319/lo.1997.42.5_part_2.1137

Smith, V. H.; Schindler, D. W. Eutrophication science: Where do we go from here? *Trends in Ecology & Evolution*, v. 24, n. 4, p. 201–207, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.11.009>

Solé, J.; García-Ladona, E. & Estrada, M. 2006. The role of selective predation in harmful algal blooms. *Journal of Marine Systems*, 62: 46-54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2006.04.002>

Sournia, A.; Chretiennot-Dinet, M. J.; Ricard, M. 1991. Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? *J. Plankton Res.*, No. 13, pp. 1093–9.

Souza, R. C. R.; Carvalho, M. C.; Truzzi, A. C. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz.) Seenaya and Subba Raju (Cyanophyceae) dominance and a contribution to the knowledge of Rio Pequeno Arm, Billings Reservoir, Brazil. *Environmental Toxicology and Water Quality*, v. 13, n. 1, p. 73- 81, 1998.

Spinak, E. *Indicadores científicos*. *Ciência da Informação*, v. 27, n. 2, p. 210–216, 1998. <https://doi.org/10.1590/S0100-19651998000200010>

Tiruvengkatachary Chellappa, N., Chellappa, S. L., & Chellappa, S. (n.d.). BRAZILIAN ARCHIVES OF BIOLOGY AND TECHNOLOGY Harmful Phytoplankton Blooms and Fish Mortality in a eutrophicated reservoir of Northeast Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* v, 51, 833–841.

Van Eck, N. J.; Waltman, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, v. 84, p. 523–538, 2010.

Vanderley, R. F., Becker, V., Panosso, R., Ger, K. A., & Padisák, J. (2022). The influence of trophic status and seasonal environmental variability on morpho-functional traits in tropical man-made shallow lakes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(7). <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10091-y>

Varela, A. T., Neves, R. A. F., Nascimento, S. M., Oliveira, P. J., Pardal, M. A., Rodrigues, E. T., & Moreno, A. J. (2021). Exposure to marine benthic dinoflagellate toxins may lead to mitochondrial dysfunction. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2020.108937>

Viana, T. v., Fistarol, G. O., Amario, M., Menezes, R. B., Carneiro, B. L. R., Chaves, D. M., Hargreaves, P. I., Silva-Lima, A. W., Valentin, J. L., Tenenbaum, D. R.,

Arruda, E. F., Paranhos, R., & Salomon, P. S. (2019). Massive blooms of *Chattonella subsalsa* Biecheler (Raphidophyceae) in a hypereutrophic, tropical Estuary-Guanabara Bay, Brazil. *Frontiers in Marine Science*, 6(MAR). <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00085>

Vianna, L. F. N., de Souza, R. v., Schramm, M. A., & Alves, T. P. (2023). Using climate reanalysis and remote sensing-derived data to create the basis for predicting the occurrence of algal blooms, harmful algal blooms and toxic events in Santa Catarina, Brazil. *Science of the Total Environment*, 880. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163086>

Vicente, M. C., Carvalho, A. C. B., Trevisan, C. L., Soares, F. F. L., & Wasserman, J. C. (2021). Spatial-temporal distribution of dissolved inorganic nutrients in the hypersaline Araruama Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101787>

Vieira, D. T. (n.d.). *UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE AQUICULTURA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O FENÔMENO DAS MARÉS VERMELHAS NAS BAÍAS DA ILHA DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL.*

Walsby, A.E. & Reynolds, C.S. 1980. Sinking and floating. Pp. 371-412. In: I. Morris (ed.). *Physiological ecology of phytoplankton*. Blackwell, Oxford, UK. 625p.

Watanabe, F., Alcântara, E., Bernardo, N., de Andrade, C., Gomes, A. C., do Carmo, A., Rodrigues, T., & Rotta, L. H. (2019). Mapping the chlorophyll-a horizontal gradient in a cascading reservoirs system using MSI Sentinel-2A images. *Advances in Space Research*, 64(3), 581–590. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.04.035>

Watanabe, F. S. Y., Alcântara, E., & Stech, J. L. (2018). High performance of chlorophyll-a prediction algorithms based on simulated OLCI Sentinel-3A bands in cyanobacteria-dominated inland waters. *Advances in Space Research*, 62(2), 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.04.024>

Wilson, T. M., Sousa, S. K. H., Paludo, G. R., de Melo, C. B., Llano, H. A. B., Soares, R. M., & Castro, M. B. (2020). An undescribed species of *Sarcocystis* associated with necrotizing meningoencephalitis in naturally infected backyard chickens in the Midwest of Brazil. *Parasitology International*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2020.102098>

Wojciechowski, J., & Padial, A. A. (2015). Monitoring studies should consider temporal variability to reveal relations between cyanobacterial abundance and environmental variables. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 87(3), 1717–1726. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140416>

World Health Organization (WHO). *Cyanobacterial toxins: Microcystins*. Geneva: WHO, 2020. Disponível em: <https://www.who.int>

Wright, R.T. & Coffin, R.B. 1983. Planktonic bacteria in estuaries and coastal waters of northern Massachusetts: spatial and temporal distribution. *Marine Ecology Progress Series*, 11: 205-210, <http://dx.doi.org/10.3354/meps011205>

Zhou, W.; LI, T.; CAI, C.; Huang, L.; Wang, H.; XU, J.; DONG, J. & Zhang, S. 2009. Spatial and temporal dynamics of phytoplankton and bacterioplankton biomass in Sanya Bay, northern South China Sea. *Journal of Environmental Sciences*, 21: 595-603, [http://dx.doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)62313-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62313-X)

Zuttion, G. S., Juárez, H. A. B., Lima, B. D., Assumpção, D. P., Daneris, Â. P., Tuchtenhagen, I. H., Casarin, M., & Muniz, F. W. M. G. (2024). Comparison of the anti-plaque and anti-gingivitis efficacy of Chlorhexidine and Malva mouthwashes: randomized crossover clinical trial. *Journal of Dentistry*, 105313. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105313>

Folha de Aprovação



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociências
Câmpus do Litoral Paulista



PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: BEATRIZ MAYSHA SOUSA

Título: "ESTUDO SOBRE FLORAÇÕES DE ALGAS NOCIVAS E SEUS EFEITOS AMBIENTAIS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA"

Orientador: Dr. Caio Cesar Ribeiro

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Gerenciamento Costeiro

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Dr. Caio Cesar Ribeiro	Aprovada
Profa. Dra. Ana Julia Fernandes	Aprovada
MSC. Isabela Guerra da Cruz	Aprovada

PARECER:

Aprovada

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente **Beatriz Maysha Sousa** obteve o seguinte conceito:

X APROVADO

☐

REPROVADO

São Vicente, 11 de dezembro de 2025.

Documento assinado digitalmente
CAIO CESAR RIBEIRO
Data: 12/12/2025 12:59:53-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. Caio Cesar Ribeiro

Documento assinado digitalmente
ANA JULIA FERNANDES
Data: 12/12/2025 13:45:31-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. Ana Julia Fernandes

Documento assinado digitalmente
ISABELA GUERRA DA CRUZ
Data: 12/12/2025 13:08:13-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

MSC. Isabela Guerra da Cruz

Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista
Praça Infante D. Henrique s/nº - CEP 11330-900 - São Vicente (SP) - Brasil
Tel. (13) 3569-7100 - graduacao.clp@unesp.br