



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LETÍCIA OLIVEIRA RODRIGUES FERNANDES

FITOPLÂNCTON EM REGIÕES SECAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

AREIA

2024

LETÍCIA OLIVEIRA RODRIGUES FERNANDES

FITOPLÂNCTON EM REGIÕES SECAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Ciências
Biológicas como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas, pela Universidade
Federal da Paraíba.

Orientadora: Prof. (a) Dr. (a) Luciana
Gomes Barbosa

AREIA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F363f Fernandes, Leticia Oliveira Rodrigues.

Fitoplâncton em regiões secas: uma revisão
sistemática / Leticia Oliveira Rodrigues Fernandes. -
Areia, 2024.
49 f. : il.

Orientação: Luciana Gomes Barbosa.

Coorientação: Edjane Oliveira de Lucena.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Ciências Biológicas. 2. Mudanças climáticas. 3.
Adaptabilidade. 4. Seco. I. Barbosa, Luciana Gomes. II.
Lucena, Edjane Oliveira de. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 573 (02)

LETÍCIA OLIVEIRA RODRIGUES FERNANDES

FITOPLÂNCTON EM REGIÕES SECAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Ciências
Biológicas como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas, pela Universidade
Federal da Paraíba.

Aprovado em: 29/10/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. (a) Dr. (a) Luciana Gomes Barbosa (Orientadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Prof. (a) Edjane Oliveira de Lucena (Coorientadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Prof. Rafael Machado de Araújo Alves
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Prof. Dr. João Paulo de Oliveira Santos
Instituto Federal de Rondônia (IFRO)

A minha mãe, meu irmão, minha família e
meus amigos, por todo apoio dado e
confiado durante esta jornada,

Dedico

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Jocelia Oliveira Rodrigues e meu irmão Leonardo Rodrigues Paulino, em especial, por todo apoio dado ao longo dos anos de graduação. Por sempre acreditarem e verem potencial em mim quando eu não conseguia, pela compreensão durante o tempo que estive distante buscando este caminho e por todos os sacrifícios feitos em prol da minha formação. A vocês sempre terei gratidão eterna.

Ao meu padrasto, Edmilson, por sempre me ajudar e apoiar durante a vida e também nesta jornada, em especial por todas as viagens de carro feitas para Areia neste longo período.

A minha tia e madrinha, Jocília Oliveira Rodrigues, por todo apoio dado durante estes anos, agradeço imensamente.

Aos meus familiares, em especial a meus avós, Maria Oliveira Rodrigues e José Silvino (*in memoriam*), por toda torcida e expectativa.

Aos amigos que fiz no CCA, Taynã, Flávio, Pedro Henrique, Michelle, Muriel, Aiza, Filipe, Júlia e Caio César, por todas as vivências e boas experiências que tive ao lado de todos, o que tornou meus dias menos solitários e minha luta menos cansativa, pela frequente presença em meu dia a dia, sempre carregados de bom humor. Com certeza a minha caminhada seguiu mais leve com vocês.

Aos demais colegas e amigos que fiz em Areia, fora do ambiente acadêmico, vocês que também tiveram papel fundamental na minha jornada, tornando a vida nesta nova cidade um pouco mais fácil.

A Vanessa Garcia, minha grande amiga e irmã de coração, exemplo de mulher e de mãe. Sou muito grata por ter você e Théo em minha vida e pela sua amizade, obrigada por todo apoio e por segurar várias barras comigo, mesmo que a quilômetros de distância.

Agradeço também, de forma muito especial, à minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Luciana Gomes Barbosa, pela oportunidade e por todo apoio acadêmico, além da confiança depositada em mim desde o primeiro dia de trabalho no laboratório. Admiro toda sua trajetória como mulher, professora e pesquisadora, e a uso como inspiração para buscar aquilo que almejo dentro da academia. Mais que uma professora e orientadora, sempre foi uma amiga e conselheira, tenho grande gratidão por enxergar

e acreditar em meu potencial, além de todo o incentivo dado durante estes anos trabalhando juntas.

A Prof^a Edjane Lucena, minha coorientadora, que mesmo com pouco tempo de troca entre nós tornou o processo da parte final da escrita deste trabalho um pouco mais prazerosa, facilitando alguns processos e me auxiliando na compreensão de algumas ideias.

Aos membros do NULIBAC (Núcleo de Limnologia de Brejo de Altitude e Caatinga), em especial Karine e Verônica, por me receberem de braços abertos nesta família e por todos os ensinamentos passados a mim.

Aos (As) professores(as) do meu curso, em especial o professor David Holanda de Oliveira, a quem tenho enorme carinho, por não me enxergar apenas como aluna, mas também como pessoa, além de ser um grande exemplo de professor.

Por fim, a todas as pessoas que aqui não foram mencionadas, mas que, de alguma maneira, contribuíram para meu aprendizado e amadurecimento enquanto pessoa e aluna, agradeço.

“Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças.”

(Leon C. Megginson)

RESUMO

O fitoplâncton é um grupo polifilético composto por microalgas e bactérias fotossintetizantes que desempenham papel crucial na produção primária e na cadeia trófica dos ambientes aquáticos. Embora normalmente encontrado em regiões aquáticas úmidas, também pode sobreviver em regiões aquáticas de ambientes secos, onde se adapta a condições desafiadoras. O estudo em questão visa revisar a literatura sistematicamente sobre a comunidade fitoplanctônica em regiões secas, por meio de uma análise cienciométrica. A pesquisa foi baseada em artigos publicados entre 1963 e 2024, coletados na base de dados Scopus (Elsevier), utilizando palavras-chave específicas. Após a triagem dos artigos, as análises foram aprofundadas com o auxílio do software VOSviewer para construir redes bibliométricas e visualizar a frequência e as relações entre os termos mais recorrentes nas publicações. O período com maior número de estudos foi de 2011 a 2020, refletindo um aumento nas discussões sobre os impactos das mudanças climáticas nos ecossistemas aquáticos. A área de Ciências Agrárias e Biológicas destacou-se nas publicações, sendo predominantes os estudos observacionais. As cianobactérias foram as espécies mais frequentes, associadas à eutrofização de ambientes temporários. Conclui-se que a crescente produção de pesquisas sobre fitoplâncton em regiões secas reflete a crescente preocupação com os efeitos das mudanças climáticas. Este aumento nas publicações pode contribuir para políticas de preservação ambiental e para uma compreensão mais precisa da distribuição do fitoplâncton e dos impactos das mudanças climáticas nesses ecossistemas.

Palavras-Chave: mudanças climáticas, adaptabilidade, seco

ABSTRACT

Phytoplankton is a polyphyletic group composed of microalgae and photosynthetic bacteria that play a crucial role in primary production and the trophic chain of aquatic environments. Although typically found in humid aquatic regions, it can also survive in aquatic environments of dry areas, where it adapts to challenging conditions. The study in question aims to systematically review the literature on phytoplankton communities in dry regions through a scientometric analysis. The research was based on articles published between 1963 and 2024, collected from the Scopus (Elsevier) database, using specific keywords. After screening the articles, the analyses were deepened with the aid of VOSviewer software to build bibliometric networks and visualize the frequency and relationships between the most recurring terms in the publications. The period with the highest number of studies was from 2011 to 2020, reflecting an increase in discussions about the impacts of climate change on aquatic ecosystems. The fields of Agricultural and Biological Sciences were most prominent in the publications, with observational studies being predominant. Cyanobacteria were the most frequent species, associated with eutrophication in temporary environments. It is concluded that the growing body of research on phytoplankton in dry regions reflects the increasing concern about the effects of climate change. This rise in publications may contribute to environmental preservation policies and provide a more precise understanding of phytoplankton distribution and the impacts of climate change on these ecosystems.

Keywords: climate change, adaptability, dry

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Fluxograma referente ao processo de busca e triagem dos artigos usados na revisão sistemática	22
Figura 2 –	Ranking dos países com maior número de publicações	26
Figura 3 –	Ordem cronológica dos artigos publicados em cada período, de 1994 a 2024	26
Figura 4 –	Número de artigos publicados de acordo com a Área do Conhecimento	27
Figura 5 –	Número de artigos publicados de acordo com o Tipo de Estudo	28
Figura 6 –	Filos estudados nos artigos selecionados com relação a quantidade de Gêneros	28
Figura 7 –	Mapa bibliométrico indicando as interações entre palavras-chave e a força das ligações entre as mesmas.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Classificação taxonômica dos Gêneros e Espécies de fitoplâncton e zooplâncton mais estudadas entre os artigos selecionados para a revisão, de acordo com o Filo.....	29
Tabela 2 –	Classificação das espécies de fitoplâncton de acordo com os Grupos Funcionais do Fitoplâncton (Reynolds, 2006).....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 REGIÕES SECAS E A PRESENÇA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	14
2.2 ADAPTABILIDADE DO FITOPLÂNCTON EM REGIÕES SECAS	16
2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS	18
3 METODOLOGIA	21
3.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO	21
3.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS ARTIGOS	21
3.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	24
4 RESULTADOS.....	25
4.1 PROCESSO DE EXCLUSÃO DOS ARTIGOS.....	25
4.2 CRONOLOGIA DE PUBLICAÇÕES, PAÍSES E DEMAIS RESULTADOS: PRINCIPAIS TENDÊNCIAS	25
5 DISCUSSÃO	34
6 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

O fitoplâncton é caracterizado como um grupo polifilético composto por microalgas e bactérias fotossintetizantes, comumente adaptadas a se estabelecerem de forma contínua ou parcial em águas abertas, desempenhando um papel crucial nos ecossistemas aquáticos como base da cadeia alimentar e contribuintes significativos para a produtividade primária (Reynolds, 2006; Naselli-Flores *et al.*, 2021).

Este grupo soma cerca de 4 mil espécies exclusivamente marinhas, tendo também um número aproximado em espécies que vivem em água continentais (Reynolds, 2006). Apresentam também diversidade semelhante em ambientes de água doce, com variações morfológicas que facilitam sua identificação e classificação (Reynolds, 2006; Finkel *et al.*, 2010; Brun *et al.*, 2020).

Apesar de geralmente estarem associados a ambientes aquáticos permanentes, tendo em vista que o ciclo de vida e comportamento destes organismos são diretamente influenciados pela presença de água, fator determinante para reprodução e sobrevivência, o fitoplâncton também pode ser encontrado em ambientes aquáticos localizados em regiões secas, onde sua presença é esporádica e frequentemente ligada a eventos sazonais de chuvas (Weissing, 2001, López-Sandoval, 2022).

Regiões secas, as quais incluem ambientes áridos e semiáridos, tem como principal característica o clima, onde a evaporação excede de forma significativa a precipitação, resultando em condições de água escassa (Burford *et al.*, 2007). Essas regiões representam cerca de 40% da superfície terrestre e são fundamentais para o entendimento das dinâmicas ecológicas e interações biológicas (Coops *et al.*, 2003).

Estas regiões apresentam desafios principalmente com relação à disponibilidade de recursos hídricos necessários para a manutenção da sobrevivência do fitoplâncton (Huisman, 2001; Zhang *et al.*, 2024).

Em ambientes secos, o fitoplâncton enfrenta desafios significativos, principalmente relacionados à disponibilidade de água, que é essencial para sua reprodução e sobrevivência, bem como para a manutenção da biodiversidade e biomassa devido a constante oferta de nutrientes, transporte de gases e demais compostos orgânicos dissolvidos (Tundisi, 2008). Portanto, estudos nessas regiões ajudam a compreender a relação de adaptação do fitoplâncton em ambientes secos,

explorando seu potencial como grande indicador das alterações naturais ou antrópicas em ecossistemas aquáticos (Reynolds, 1990).

Nesses ecossistemas, a dinâmica do fitoplâncton é influenciada por fatores como a variação sazonal das chuvas, a salinidade e a temperatura, que trazem impactos diretos na abundância e na diversidade das comunidades. Alguns estudos demonstram que, mesmo em condições adversas, algumas espécies desenvolvem adaptações morfológicas e fisiológicas que lhes permitem prosperar (Margalef, 1978; Reynolds, 2006; Brun, 2020). Estas adaptações podem incluir a formação de cistos, que garantem a sobrevivência em períodos de dessecação, e a capacidade de tolerar flutuações de salinidade, características essenciais em ambientes temporários e salinos (Padisák *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2016; Cloern; Jassby, 2021).

Levando em consideração a morfologia geral destes organismos, tendo em vista sua forma pequena, fácil locomoção, transporte, e abundância com a qual são encontrados (Finlay, 2002; Brun, 2019), considera-se que as condições físicas do local onde estão inseridos e a disponibilidade de nutrientes são grandes impulsionadores do sucesso ecológico destes organismos. Porém, estes não são os únicos fatores a serem levados em consideração quanto à composição geral do fitoplâncton (Reynolds, 1980).

As diversas intempéries ambientais também podem ajudar a determinar a existência de algumas espécies de fitoplâncton em certo local e em seu momento ideal (Margalef, 1978; Hillebrand, Azovsky, 2001; Duggan *et al.*, 2021), sendo estas um fator exclusivo às espécies que compartilham características adaptativas similares, mesmo não estando relacionadas filogeneticamente (Webb *et al.*, 2002; Kumar *et al.*, 2023).

Os efeitos ecológicos das alterações climáticas são cada vez mais evidentes nos processos primários de produção aquática (Paerl *et al.*, 2003) onde o aumento no nível de água e a rápida evaporação devido às flutuações climáticas regulam indiretamente o crescimento e o desenvolvimento do fitoplâncton (Bornette, Puijalón, 2011). A dinâmica do fitoplâncton está diretamente relacionada às flutuações anuais de temperatura e níveis de água (Winder, Sommer, 2012) e sua estrutura e composição taxonômica também são afetadas por estes fatores ambientais devido às mudanças climáticas (Izaguirre *et al.*, 2015; Huisman; Weissing, 2022).

Dentre todos os organismos que habitam os ecossistemas aquáticos, o fitoplâncton é tido como uma das comunidades mais importantes, sendo considerado

a base da cadeia trófica dos ecossistemas aquáticos (Crossetti, Bicudo, 2008; Möller; Heiskanen, 2024)), responsável não somente pela produtividade primária nestes ambientes, mas também por exercerem diferentes papéis ecológicos. O estudo de sua estrutura vem sendo utilizado como ferramenta de diagnóstico das condições ecológicas dos ambientes aquáticos (Padisák, Crossetti, Naselli-Flores, 2009).

Além disso, o conhecimento acerca de sua distribuição, bem como os fatores que a influenciam, sua composição e produção, possui grande importância para compreender os principais mecanismos de funcionamento dos ecossistemas aquáticos e como estes refletem a dinâmica do ecossistema (Tundisi, 2003; Sayer et al., 2020). As mudanças climáticas e a ação antropogênica, como a construção de reservatórios e a irrigação têm um papel significativo na modificação das dinâmicas desses ecossistemas (Pueppke *et al.*, 2018; Petersen et al., 2023).

Tais atividades podem alterar o regime hidrológico, levando ao aumento da salinidade e afetando a disponibilidade de nutrientes, o que, por sua vez, impacta na composição e na estrutura das comunidades de fitoplâncton. A compreensão dessas interações é fundamental, pois o fitoplâncton não apenas reflete as condições ambientais, mas também atua como um indicador de saúde dos ecossistemas aquáticos.

Na busca de um entendimento completo acerca do tema, a revisão sistemática é uma importante ferramenta no auxílio da compreensão dos dados obtidos em estudos e análises (Urra Medina, Barría Pailaquilén, 2010). Visa dimensionar, avaliar e sintetizar o que tem sido produzido em determinado assunto ou área do conhecimento (Bento, 2012), formando uma base sólida para novas pesquisas e tomadas de decisões, bem como a influência direta em políticas de gestão de recursos hídricos e conservação de ecossistemas aquáticos.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a comunidade fitoplanctônica em regiões secas, analisando de forma sistemática as características, distribuição e importância do fitoplâncton através de análises cienciométricas a partir da construção de redes bibliométricas.

Assim, a organização e sistematização das informações previamente obtidas através dos artigos buscará analisar as redes de colaboração e o impacto das pesquisas e tendências emergentes, fornecendo uma visão mais ampla das atuais pesquisas existentes e futuras perspectivas dentro da linha de estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 REGIÕES SECAS E A PRESENÇA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

As regiões secas ao redor do mundo representam cerca de 40% da superfície terrestre (Coops et al., 2003; González et al., 2024) e apresentam diversos desafios com relação a hidrologia e demais condições que são necessárias a sobrevivência do fitoplâncton nestas áreas.

Em corpos d'água temporários, a variação sazonal é uma característica marcante, o que resulta em flutuações drásticas nos níveis de água e na qualidade do habitat (Leira, Cantonati, 2008; Baker, 2022). Nestas regiões, os corpos d'água são frequentemente sazonais ou temporários, o que faz com que estes ambientes desempenhem um papel crucial na sustentação da biodiversidade, mesmo que temporariamente.

Durante os períodos de inundação, esses corpos d'água podem servir como refúgio para o fitoplâncton, que se beneficia da disponibilidade temporária de nutrientes e luz (Williams, 2006; Sharma et al., 2021). Porém, a rápida evaporação e sazonalidade mostram que a diversidade do fitoplâncton pode vir a ser reduzida se comparada a ecossistemas de duração permanente (Tundisi, 1988; O'Reilly et al., 2020).

Algumas características abióticas impactam diretamente na composição do fitoplâncton, favorecendo, por exemplo, a proliferação de determinadas espécies de cianobactérias que são mais tolerantes a condições salinas (Gozlan et al., 2019). Além disso, as altas temperaturas e variações de salinidade podem estressar o fitoplâncton, afetando seu ciclo de vida e a dinâmica de populações (Heilmeier et al., 2005; López-Rodas et al., 2023).

Reservatórios localizados em regiões secas, mesmo sendo importantes contribuintes para o fornecimento de energia elétrica e manutenção da subsistência humana, são constantemente submetidos a diferentes fatores climáticos que, recorrentemente, intensificam os efeitos da seca, como altas temperaturas e baixo volume hídrico (Burford et al., 2007; Baker et al., 2021).

Essas regiões estão sujeitas a uma ampla variação sazonal devido a irregularidade pluviométrica (Coops et al., 2003; Bucak et al., 2012; Terefi et al., 2014; Matsumoto et al., 2022). Em períodos de estiagem, estes baixos índices de

precipitação causam efeitos substanciais nos ecossistemas aquáticos, reduzindo o nível da água em associação ao aumento no tempo de residência, bem como a ressuspensão de sedimentos e a diminuição da disponibilidade de luz (Coops *et al.*, 2003; Leira, Cantonati, 2008; Vallentyne; Amand, 2023).

Alguns estudos mostram que boa parte dos reservatórios localizados em regiões secas são fortemente vulneráveis ao processo de eutrofização e, conseqüentemente, ao surgimento de florações de cianobactérias (Huzsar *et al.*, 2000; Dantas *et al.*, 2012; Patel *et al.*, 2024). Essas condições ocorrem devido a lixiviação de nutrientes para dentro dos reservatórios ou corpos d'água nos curtos períodos chuvosos seguidos de longos períodos secos, onde acontece a evaporação e a diminuição do volume de água, o que maximiza os efeitos da eutrofização levando à dominância pelas cianobactérias (Barbosa *et al.*, 2012).

Mesmo com a oferta limitada de água, às regiões secas também podem prover ambientes favoráveis ao estabelecimento do fitoplâncton mesmo sob condições específicas. Como exemplo têm-se os corpos d'água sazonais ou pequenos reservatórios formados a partir da chuva, usados para fins domésticos, de agricultura em grande escala, irrigação, pecuária, recreação e suprimento de água (Tundisi, 1988; Barbosa *et al.*, 1999; Schneider *et al.*, 2020).

Contudo, esses reservatórios apresentam salinidade variável e podem fornecer uma maior coluna d'água para que o fitoplâncton se apresente em maior densidade (Bai *et al.*, 2019). Também podem ser encontrados em corpos d'água artificiais próximos a sistemas de irrigação, como lagoas de retenção, reservatórios e barragens (Reynolds, 2006), onde o fitoplâncton pode encontrar além do ambiente favorável, a disponibilidade de alguns nutrientes advindos da atividade agrícola (Chow *et al.*, 2012)

A construção destes espaços, decorrente da ação antrópica afeta diretamente o regime de escoamento, o volume e o fluxo de água, alterando assim a distribuição do fitoplâncton nestes ambientes (Pueppke *et al.*, 2018). Em regiões semiáridas costeiras, a contribuição das marés e dos ventos auxiliam no controle da umidade de algumas lagoas costeiras (Kjferve, 1994; Baker, 2014; Pérez-Ruzafa, 2023). Nesse tipo de ambiente, acumula-se pequenas quantidades de água em poças d'água salobra e alguns outros corpos d'água temporários, tendo quantidade suficiente de água para que populações limitadas de fitoplâncton se estabeleçam (Nabout *et al.*, 2009; Mason *et al.*, 2021).

Portanto, devido ao fato de que estas regiões são comumente localizadas em áreas de transição entre continente-oceano, os ecossistemas costeiros ficam expostos e mais vulneráveis aos riscos das mudanças climáticas (Godoy *et al.*, 2018). Desta forma, estão sujeitas a grandes estresses ambientais relacionados às mudanças climáticas, como a perda de habitat.

Em ecossistemas aquáticos salinos e hipersalinos, predominantemente sob condições climáticas áridas, semiáridas (Gozlan *et al.*, 2019), e zonas desérticas secas, a evaporação excede a precipitação em casos de inundação e não ocorre conexão com o oceano (Hammer, 1986; Ranjibar, 2017; Baker *et al.*, 2022), a presença do fitoplâncton ocorre de forma significativa, principalmente cianobactérias.

Nesse sentido, a exploração desenfreada dos serviços ecossistêmicos prestados pelos ambientes salinos pode trazer consequências negativas para a riqueza de espécies bem como a saúde do ecossistema, tais como perturbações físicas e poluição (Jellison *et al.*, 2008; Kuehn *et al.*, 2024). Entretanto, mesmo apresentando um alto grau de endemismo, alguns lagos salinos possuem um alto nível de espécies invasoras (Thorpe *et al.*, 2011), sendo este um efeito antrópico potencializado pelas alterações climáticas (Frondini *et al.*, 2019)

Segundo Williams (1972), mesmo com a cadeia alimentar simplificada devido a menor diversidade e grande homogeneidade, os lagos salinos são essenciais para os estudos teóricos e práticos acerca da estrutura e função. Estes ambientes apresentam grande flutuação com relação a salinidade, fazendo com que a biodiversidade e, conseqüentemente, a estrutura da cadeia alimentar sejam extremamente variáveis (Golubkov *et al.*, 2018, Boros *et al.*, 2016).

2.2 ADAPTABILIDADE DO FITOPLÂNCTON EM REGIÕES SECAS

Embora a diversidade e abundância do fitoplâncton em regiões secas seja menor em comparação a ambientes aquáticos de áreas mais úmidas, a grande taxa de adaptabilidade a condições extremas que estes organismos possuem destaca endemismos e sua importância ecológica (Reynolds, 2006; López-Archilla, 2012, Padisák, 2009; Kumar *et al.*, 2021).

Para alcançarem estabelecimento nestes ambientes, algumas espécies desenvolveram estratégias adaptativas, tanto morfológicas quanto fisiológicas, para

e elevar a taxa de sobrevivência de seus grupos funcionais em ambientes distintos (Margalef, 1978; Reynolds, 2006).

Dentre as estratégias desenvolvidas, as adaptações corpóreas, como a formação de cistos e biofilmes, às dinâmicas diárias e verticais específicas, sensibilidades e tolerâncias (Padisák *et al.*, 2009), permitem que esses grupos sobrevivam em ambientes com altas temperaturas, forte luminosidade e elevadas concentrações de nutrientes (Pelechata *et al.*, 2016). Alguns estudos sobre a dinâmica do fitoplâncton em regiões semiáridas destacam a persistência de florações de cianobactérias em boa parte do ano durante o período seco (Naselli-Flores *et al.*, 2007; Cruz *et al.*, 2022), tendo em vista que muitos gêneros apresentam vantagens adaptativas para sobreviver em ambientes com tais características.

Em ambientes de águas temporárias, a exemplo de pequenos corpos d'água rasos com períodos secos recorrentes e de duração variável (Williams 2006), a resposta a fatores ambientais e perturbações é rápida e, devido ao seu porte e ciclos de secagem, possuem uma maior flutuação de fatores abióticos (Seminara *et al.*, 2015). Estas variações constantes podem gerar habitats estressantes para os organismos aquáticos (Heilmeier *et al.*, 2005; Jiang *et al.*, 2023).

Desta forma, algumas espécies apresentam importantes adaptações para suportar as mudanças em virtude da sazonalidade, como a produção de ovos resistentes ao dessecamento e com ciclo de vida curto (Crossetti, Padisák, 2006). Consequentemente, estes corpos d'água temporários são habitados por espécies com ampla tolerância a fatores físicos e químicos (Arle, 2002) e com um ciclo de vida que permite a sobrevivência durante o período de seca, levando a recolonização após a inundação (Blanco *et al.*, 2013).

Outra característica desses organismos é alimentar-se de detritos, além de apresentar uma alta tolerância aos níveis de salinidade destes ambientes (Alonso, 1985). Além disso, podem produzir formas latentes que permanecem no ecossistema em estado de quiescência, reduzindo sua atividade metabólica e elevando a taxa e o tempo de reprodução nos momentos de inundação sazonal, podendo se estabelecer por um curto período de tempo até a próxima seca (Crossetti, Padisák, 2006; Arroyo *et al.*, 2024).

Outros organismos apresentam adaptações como cistos e esporos de resistência, que podem sobreviver a períodos hidrológicos não favoráveis. Nos cistos ocorre a diminuição da concentração de clorofila e perda de água, promovendo a

rápida sedimentação de modo que qualquer estímulo ambiental mínimo – temperatura, nutrientes, luminosidade ou umidade – leve a rápida germinação, ocorrendo em muitas espécies de fitoplâncton. Devido a esta dinâmica, a diversidade e densidade do fitoplâncton em ecossistemas temporários é significativamente reduzida em comparação com ambientes aquáticos permanentes, tais como lagos e rios (Padisák *et al.*, 2003; O'Neill *et al.*, 2020)

2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A natureza das alterações climáticas recentes tem sido discutida com maior frequência nos últimos 10 anos (Huang *et al.*, 2016), sendo estas detectadas a nível regional diante de análises ambientais que levam em consideração o nível da superfície da água e suas flutuações (Yang *et al.*, 2014; Kuang; Jiao, 2016), bem como a temperatura do ar atmosférico.

Regiões secas, áridas e semiáridas do mundo abrangem cerca de 40% da superfície terrestre (Rasool, 1984; Coops *et al.*, 2003) e devido ao constante aumento das pressões antrópicas como a destruição de vegetações nativas, degradação dos solos, aceleração na desertificação, bem como as mudanças climáticas globais, as proporções destas zonas vêm se expandindo consideravelmente nas últimas décadas (Beyene *et al.*, 2021).

A intensificação das mudanças climáticas provoca forte aumento de temperatura e a diminuição do nível de precipitações tornando o período seco mais severo, o que resulta na escassez de água e na crescente eutrofização (Roland *et al.*, 2012; González *et al.*, 2022). As altas taxas de evaporação também influenciam de forma significativa e direta na redução do volume de água e no favorecimento da concentração de solutos e nutrientes em tais reservatórios (Barbosa *et al.*, 2012).

A degradação do habitat aquático tem causado grande quantidade de problemas para as espécies que o habitam ou o necessitam, sendo esta frequente degradação o que leva a uma desarmonia nas relações tróficas (Pereira, 2013; Kumar *et al.*, 2023). As relações tróficas são componentes essenciais para o entendimento da dinâmica das populações e consequentemente dos padrões que tratam da coexistência e diversidade nos ecossistemas (Holt *et al.*, 1994; Chesson, 2000; Giacomini, 2007; Liu *et al.*, 2024).

A exemplo de desarranjos entre os níveis tróficos estão o aumento de organismos produtores primários de determinada espécie, bem como o seu desaparecimento, ou a chegada de novas espécies que não são comuns a aquele habitat, eventos que podem vir a resultar na extinção daquele ecossistema (Magalhães, Ferrão-Filho, 2008; Zhang et al., 2020). Esses fatores influenciam diversos processos fisiológicos, causando mudanças nas florações de algas do plâncton e favorecendo o desenvolvimento de espécies mais adaptadas a estas mudanças nas condições climáticas (Zohary, Flaim, Sommer, 2020).

Alguns estudos mais recentes têm como foco entender a relação entre as características estruturais do fitoplâncton e os fatores ambientais (Wang et al., 2015), buscando compreender quais fatores apresentam maior impacto nas comunidades fitoplanctônicas, como a temperatura, iluminação, nutrientes e nível de água (Yang et al., 2017).

2.4 PAPEL DA REVISÃO SISTEMÁTICA PARA O ESTUDO

A produção do conhecimento requer cuidados por parte de quem o realiza tendo em vista que esta é feita de forma coletiva (Lévy, 2015). Considerando as diferentes etapas dos campos do conhecimento, a revisão sistemática surge como uma modalidade de pesquisa que segue protocolos específicos em busca de um melhor entendimento de determinado tema além de dar uma maior logicidade a um grande corpus documental, observando o que funciona e o que não funciona num dado contexto (Siddaway; Wood, 2019).

A revisão sistemática visa também a realização de um resumo crítico de pesquisa sobre algum tópico de interesse, de forma que coloque um problema de pesquisa em um contexto ou identifique possíveis falhas nos estudos anteriores, de maneira que justifique uma nova investigação (Gil, 1999). Recentemente, algumas pesquisas vêm explorando a importância da revisão sistemática como ferramenta para sintetizar e avaliar a literatura existente de forma robusta e transparente (Teng et al., 2021).

Nesse sentido, a revisão sistemática pode ser entendida como uma metodologia “guarda-chuva”, incorporando diferentes tipos de métodos para o processo de revisão da literatura (Rother, 2007), trazendo uma proposta multidisciplinar que favorece o fomento de novas linhas de pesquisa e o

aprofundamento das já existentes. Esta abordagem favorece o fomento de novas linhas de pesquisa, onde estudos recentes destacam a versatilidade deste tipo de revisão em diversos campos, ressaltando sua utilidade na identificação de lacunas e na formulação de novas hipóteses (Higgins et al., 2022).

Além disto, com o constante aumento no número de publicações científicas ao longo dos anos a revisão sistemática se torna ainda mais relevante pois também possibilita a avaliação da eficácia de intervenções em contextos variados (Pope et al., 2023)

Observando a necessidade de um enfoque mais rigoroso neste tema em específico, foi decidido pelo uso da revisão sistemática para este trabalho, assim elevando seu potencial em questão da interdisciplinaridade, uma vez que a mesma visa apresentar e contextualizar o que tem sido estudado acerca do tema ao longo dos anos, contribuindo para uma compreensão mais abrangente do tema em questão (Moher et al., 2021).

3 METODOLOGIA

3.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO

Para a realização da revisão sistemática, os dados foram extraídos a partir da base de dados Scopus (Elsevier), através do Portal Periódico-CAPES, escolhida devido a qualidade dos estudos indexados e o cumprimento das exigências feitas pelo VOSviewer, software utilizado para construção de redes bibliométricas de conhecimento científico. O acesso a base de dados se deu através do Acesso CAFe, no qual os periódicos apresentaram acesso aberto e, quando não, foram facilmente encontrados no Google.

As buscas foram feitas através de palavras-chave, considerando apenas artigos científicos publicados em inglês durante todo o período de tempo disponível na plataforma, indo de 1963 a 2024. Demais estudos como anais, capítulos de livros, resenhas e editoriais foram desconsiderados para a análise da pesquisa.

O código de busca foi gerado a partir de palavras-chave escolhidas de acordo com o tema do estudo: ("phytoplanton*" OR "algae", "phytoplankton community") AND ("water bod*" OR "water-bod*" OR "waterbod*" OR "pond*" OR "lake*" OR "lagoon*" OR "river*" OR "stream*" OR "floodplain*" OR "wetland*" OR "dam*" OR "reservoir*" OR "episodic water*" OR "well*" OR "drilled well*" OR "pan*" OR "temporary lake*" OR "temporary pool*" OR "saline*" OR "salt*" OR "episodic drought*" OR "temporary wetland*" OR "temporary pond*" OR "temporary stream*" OR "Ephemeral stream*" OR "aquatic system*" OR "dry phase*" OR "drought*" OR "temporary freshwater rockpool*" OR "temporary freshwater pool*" OR "ephemeral pool*") AND ("dry*" OR "arid*" OR "mediterranean*" OR "desert*" OR "semi-arid*" OR "dryland*").

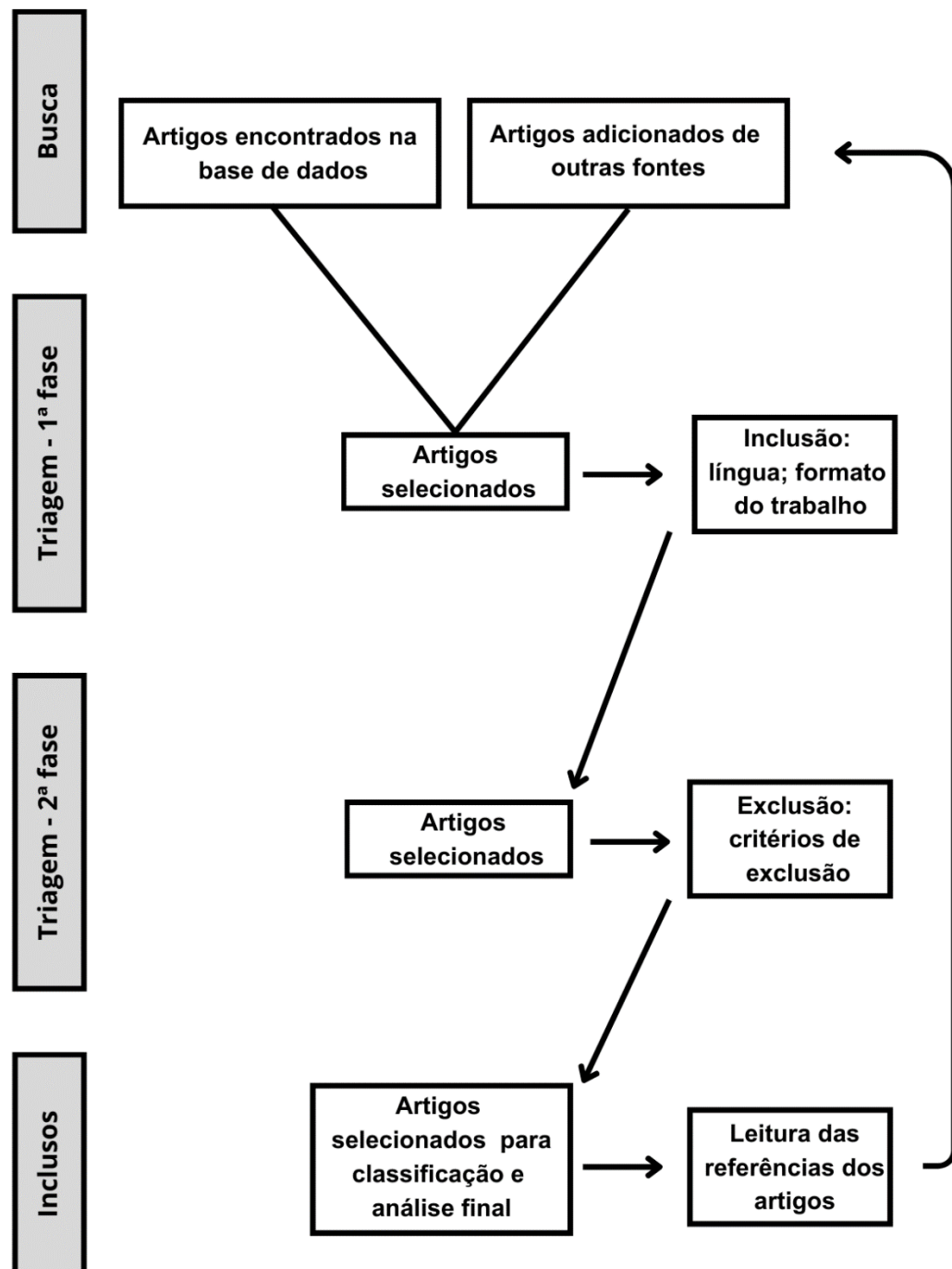
Na primeira sentença do código de busca as palavras escolhidas remetem a comunidade fitoplanctônica e algal. Na segunda sentença as palavras remetem aos diferentes ecossistemas que podem ser encontrados nas regiões secas e na terceira sentença as palavras fazem referência aos diferentes tipos de clima também encontrados nas regiões secas.

3.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS ARTIGOS

Para a avaliação dos trabalhos obtidos na fase de buscas, foi adotado um protocolo de seleção próprio, adaptado a partir do descrito em Prisma Group (2009),

onde os artigos de interesse a serem avaliados foram selecionados com base em uma triagem com várias etapas (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma referente ao processo de busca e triagem dos artigos usados na revisão sistemática



Fonte: Adaptado de PRISMA Group (2009)

Para a seleção dos artigos encontrados nas buscas feitas na base de dados, foram seguidas duas fases de triagem. A primeira fase da triagem consistiu na etapa

de inclusão dos artigos, onde foram incluídos no presente estudo apenas os trabalhos em formato de artigo científico publicados originalmente em inglês.

Já a segunda fase da triagem correspondeu a etapa de exclusão, onde os artigos foram selecionados fazendo o uso de um conjunto de critérios que serviram para excluir os estudos elencados na seleção e principalmente a ocorrência do fitoplâncton em regiões secas, áridas, semiáridas em estudos observacionais e experimentais. Essa seleção foi realizada através da avaliação do título e resumo dos trabalhos, a fim de verificar se os artigos eram condizentes ao tema. Desta forma, os trabalhos que não cumpriam com nenhum dos critérios foram desconsiderados.

Após a fase de triagem, com a seleção dos artigos incluídos finalizada, foi realizada a leitura completa de cada trabalho selecionado a fim de extrair demais informações como: Título; Autor; Ano de publicação; País do periódico; Área do conhecimento; Classes/Espécies estudadas e/ou utilizadas e o Tipo de trabalho (estudo observacional ou experimental).

Posteriormente também foi realizada a leitura das referências destes artigos, buscando identificar possíveis artigos que não apareceram nas buscas iniciais na base de dados, sendo estes incluídos na fase de busca da triagem como: “Artigos adicionados de outras fontes”, quando pertinente, obedecendo todo o protocolo adotado.

Para o item “Área do conhecimento”, foram consideradas as categorias elencadas pela própria base de dados, selecionando-se os artigos que melhor se encaixaram na proposta do estudo, de acordo com a análise do conteúdo. Para esta classificação, considerou-se não somente a reflexão acerca do trabalho em si, mas também em especial os ecossistemas aos quais os trabalhos faziam referência direta ou onde os experimentos, observações e análises foram realizados.

As categorias elencadas foram: Ciências Agrárias e Biológicas; Ciência Ambiental; Ciências Multidisciplinares; Química e Ciências da Terra. Para o item “Tipo de Trabalho”, também foi utilizada a classificação própria da base de dados, sendo todos os artigos analisados e classificados de acordo, tendo como categorias: Estudo Observacional e Estudo Experimental.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Na parte final das análises, com auxílio do software *VOSviewer*, foi realizada uma análise cienciométrica a partir da construção de redes bibliométricas usando o mesmo código de busca gerado a partir das palavras-chave, considerando a disposição dos termos mais frequentes nas publicações e a análise de suas relações (clusters).

A partir disso, foi possível visualizar as imagens representativas sobre a força existente entre estas interações, analisando as redes de colaboração e o impacto das pesquisas e tendências emergentes.

Desta forma, para entender as interações das principais palavras-chave apresentadas nas publicações, foram usados os dados extraídos para cada ano do período mencionado e o programa bibliométrico *VOSviewer*.

No *VOSviewer* a métrica de similaridade dos pontos é calculada de acordo com a forma como os nós estão posicionados e se relacionam na rede bibliométrica, representando termos (neste caso, a ocorrência de palavras-chave), autores, artigos, a depender do tipo de análise a ser feita, sendo estes pontos posicionados no mapa 2D ou 3D.

Os nós mais semelhantes ou que são frequentemente associados tendem a ficar mais próximos uns dos outros, sustentando a ideia de que os pontos (termos) que apresentam maior interconectividade fique mais próximos visualmente no gráfico, sendo o tamanho destes o que indica a frequência ou a relevância de um determinado item na rede bibliométrica.

Estes pontos podem ser coloridos de acordo com o cluster ao qual fazem parte, em análises de coocorrência, cada um representando um grupo de itens com relações mais próximas entre si, com base nas suas similaridades e/ou conexões, onde as cores são utilizadas para representar a frequência, relevância e o agrupamento dos itens. No caso da coocorrência de termos, esta similaridade é verificada a través do número de vezes em que os termos aparecem dentro de um mesmo contexto.

As cores de cada *cluster* foram determinadas pelas pontuações, com cores variando de vermelho e verde (pontuação alta), azul (pontuação média) e amarelo e lilás (pontuação baixa) por padrão.

4 RESULTADOS

4.1 PROCESSO DE EXCLUSÃO DOS ARTIGOS

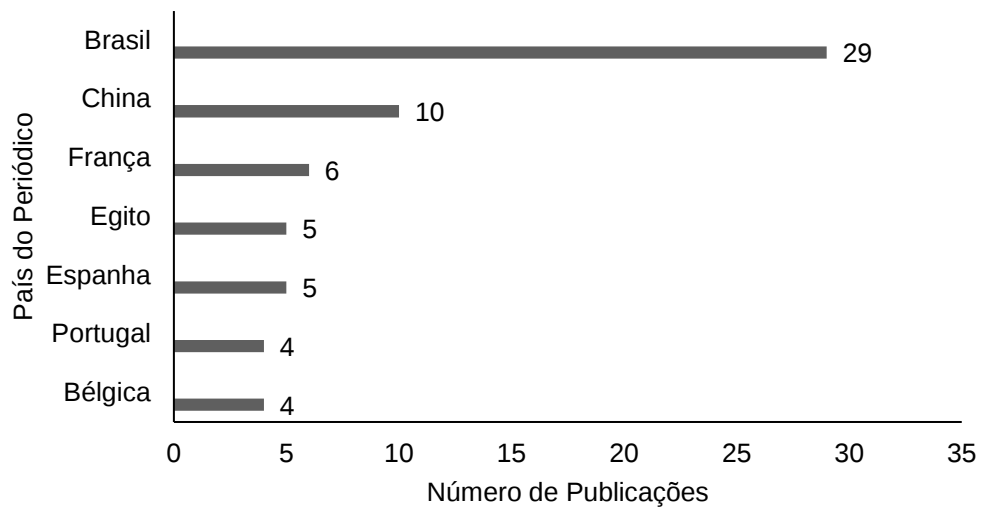
A base de dados utilizada para a busca dos trabalhos, Scopus (Elsevier), rendeu um contingente de 157 trabalhos indexados a mesma dentro do período de tempo disposto pela própria plataforma, de 1963 a 2024, de acordo com o código fonte de buscas gerado através de palavras-chave.

Na primeira fase da triagem, dos 157 trabalhos foram descartadas 16 publicações em línguas diferentes da língua inglesa e 5 publicações diferentes do formato de artigo científico, restando um total de 136 artigos científicos a serem avaliados. Foram adicionados também à fase de buscas 20 publicações encontradas nas referências dos artigos selecionados na primeira fase da triagem, e destas apenas 2 publicações foram excluídas pelo formato diferente de artigo científico. Nenhum artigo foi excluído devido a língua, somando assim 154 artigos elegíveis para a segunda fase da triagem.

A segunda fase da triagem foi subdividida em duas etapas: (i) os 154 artigos restantes foram avaliados a partir do título e resumo, sendo destes excluídos 46 artigos, ficando 108 artigos restantes; (ii) dos 108 artigos restantes, 18 foram excluídos da seleção por não contemplarem o segundo critério de inclusão. Portanto, apenas 90 artigos contemplaram todos os critérios de inclusão.

4.2 CRONOLOGIA DE PUBLICAÇÕES, PAÍSES E DEMAIS RESULTADOS: PRINCIPAIS TENDÊNCIAS

A partir da leitura dos 90 artigos finais selecionados nos dados obtidos após a fase inicial de busca e triagem, foi verificado que o país que apresentou maior amostragem de trabalhos foi o Brasil com 29 artigos, seguido da China com 10 artigos, França com 6 artigos, Egito e Espanha com 5 artigos e Portugal e Bélgica com 4 artigos cada, sendo estes dois últimos os países com menos trabalhos publicados (Figura 2).

Figura 2 – Ranking dos países com maior número de publicações

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

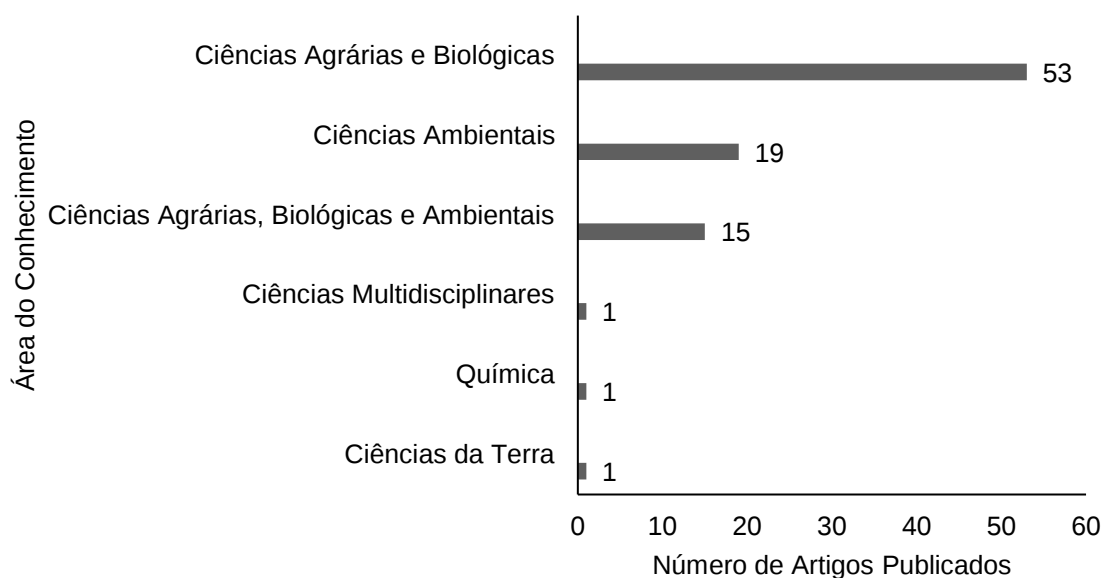
Com relação a cronologia dos trabalhos publicados, os períodos com o maior número de artigos registrados foi entre 2011 a 2020, com 43 artigos, seguido de 2021 a 2024, com 18 artigos. O período que apresentou o menor contingente de trabalhos publicados foi de 1971 a 1980, com apenas 3 artigos registrados (Figura 3).

Figura 3 – Ordem cronológica dos artigos publicados de 1994 a 2024

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Quanto à Área do Conhecimento, ao qual os trabalhos estavam relacionados, 53 artigos se enquadraram em Ciências Agrárias e Biológicas, sendo essa a categoria com maior número de artigos publicados, seguida pela Ciência Ambiental, com 19 artigos publicados. Ainda nesta fase de análise, foi verificado que um número de 15 artigos se enquadraram dentro das duas áreas do conhecimento já citadas, sendo esta uma nova categoria adicionada a esta análise (Figura 4).

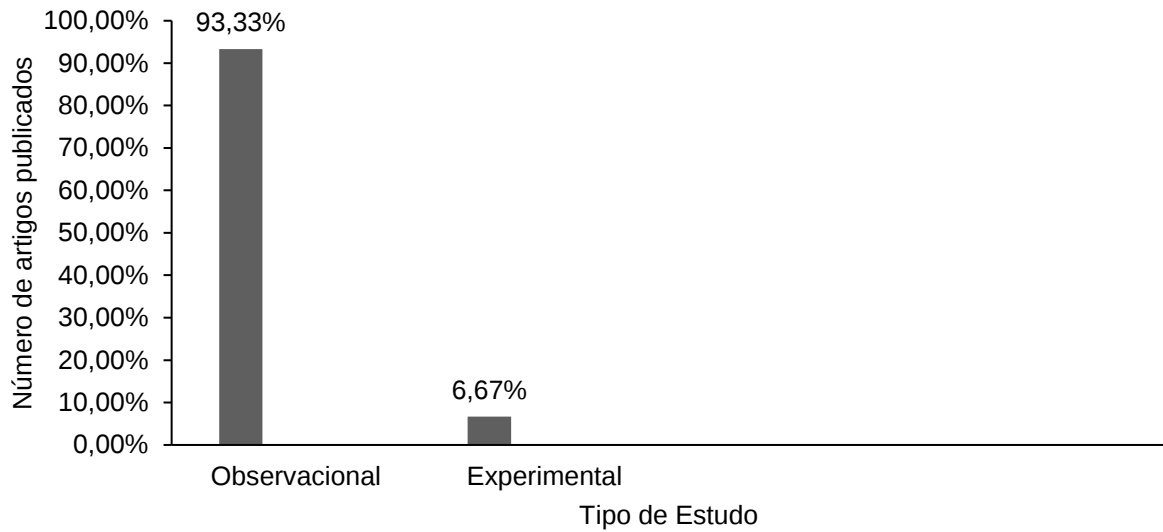
Figura 4 – Número de artigos publicados de acordo com a Área do Conhecimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Os trabalhos selecionados foram classificados ainda com relação ao tipo de estudo, observacional ou experimental. Para essa categoria, a maioria dos 90 artigos desenvolveram pesquisas de cunho observacional, sendo estes 84 artigos, apenas 6 artigos eram direcionados a estudos experimentais (Figura 5).

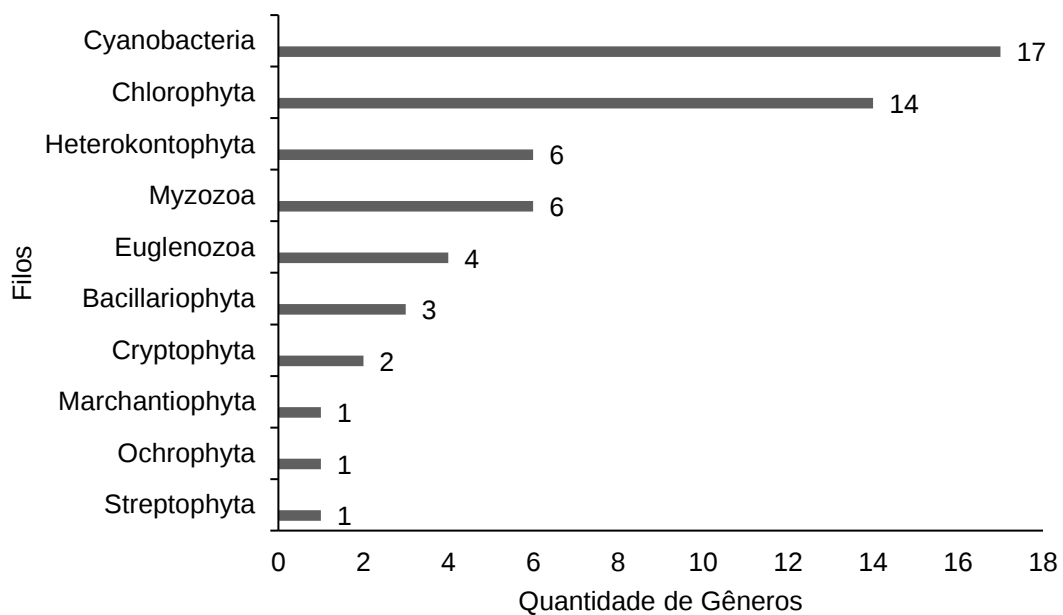
Figura 5 – Porcentagem do número de artigos publicados de acordo com o Tipo de Estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Dentre os organismos fitoplanctônicos mais estudados, alguns filos apresentaram maior destaque como Cyanobacteria, contendo 17 gêneros, seguido do filo Chlorophyta, com 14 gêneros. Ainda neste ranking, os filos Heterokontophyta e Myzozoa com 6 gêneros cada, Euglenozoa com 4 gêneros, Bacillariophyta com 3 gêneros, Cryptophyta com 2 gêneros e Marchantiophyta, Ochrophyta e Streptophyta com 1 gênero cada (Figura 6).

Figura 6 – Filos estudados nos artigos selecionados com relação a quantidade de gêneros encontrados nos trabalhos levantados



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Além dos filos, puderam ser identificados os gêneros e as espécies pertencentes a estes que foram estudados com maior frequência, em sua maioria em trabalhos observacionais (Tabela 1), bem como os grupos funcionais do fitoplâncton no qual cada espécie está inserida (Tabela 2). É importante ressaltar que mais de um filo e mais de um gênero, assim como mais de um grupo funcional foram abordados e estudados em alguns trabalhos.

Tabela 1 – Classificação taxonômica dos Gêneros e Espécies de fitoplâncton e zooplâncton mais estudadas entre os artigos selecionados para a revisão, de acordo com o Filo

Filo	Gênero	Espécie
Arthropoda	<i>Daphnia</i>	
Bacillariophyta	<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria ulna</i>
	<i>Navicula</i>	
	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia palea</i> var. <i>debilis</i>
Chlorophyta	<i>Ankistrodesmus</i>	
	<i>Ankyra</i>	
	<i>Botryococcus</i>	<i>Botryococcus braunii</i>
	<i>Chlamydomonas</i>	<i>Chlamydomonas bebaryana</i>
	<i>Chlorella</i>	
	<i>Chlorococcum</i>	
	<i>Coelastrum</i>	<i>Coelastrum microporum</i>
	<i>Eudorina</i>	
	<i>Monoraphidium</i>	<i>Monoraphidium contortum</i>
	<i>Oocystis</i>	<i>Oocystis lacustris</i>
	<i>Pediastrum</i>	
	<i>Scenedesmus</i>	
Cryptophyta	<i>Cryptomonas</i>	<i>Cryptomonas curvata</i>
		<i>Cryptomonas ovata</i>
	<i>Rhodomonas</i>	
Cyanobacteria	<i>Anabaena</i>	
	<i>Anabaenopsis</i>	<i>Anabaenopsis arnoldii</i>
	<i>Aphanizomenon</i>	<i>Aphanizomenon ovalisporum</i>
	<i>Coelosphaerium</i>	
	<i>Cylindrospermopsis</i>	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
	<i>Geitlerinema</i>	
	<i>Limnothrix</i>	<i>Limnothrix planctonica</i>
		<i>Limnothrix redekei</i>
	<i>Merismopedia</i>	<i>Merismopedia tenuissima</i>

	<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Microcystis panniformis</i>
	<i>Nodularia</i>	<i>Nodularia harveyana</i>
	<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria limosa</i>
	<i>Planktothrix</i>	<i>Planktothrix agardii</i> <i>Planktothrix rubescens</i>
	<i>Prochlorococcus</i>	
	<i>Pseudanabaena</i>	<i>Pseudanabaena galeata</i> <i>Pseudanabaena limnetica</i>
	<i>Raphidiopsis</i>	
	<i>Synechococcus</i>	
	<i>Synechocystis</i>	<i>Synechocystis pevalekii</i>
Euglenozoa	<i>Euglena</i>	<i>Euglena intermedia</i> var. <i>acidophila</i> <i>Euglena viridis</i>
	<i>Lepocinclis</i>	<i>Lepocinclis fusiforme</i> <i>Lepocinclis ovum</i> <i>Lepocinclis steinii</i>
	<i>Phacus</i>	<i>Phacus caudatus</i>
	<i>Trachelomonas</i>	<i>Trachelomonas hispida</i>
Heterokontophyta	<i>Chaetoceros</i>	
	<i>Cytotella</i>	<i>Cytotella meneghiniana</i> f. <i>plana</i> <i>Cytotella stelligera</i>
	<i>Cylindrotheca</i>	<i>Cylindrotheca closterium</i>
	<i>Lyngbya</i>	
	<i>Rhizosolenia</i>	<i>Rhizosolenia setigera</i>
	<i>Stephanodiscus</i>	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>
Marchantiophyta	<i>Mastigophora</i>	<i>Mastigophora flagellifera</i>
Myxozoa	<i>Alexandrium</i>	
	<i>Ceratium</i>	<i>Ceratium hirundinella</i>
	<i>Dinophysis</i>	<i>Dinophysis caudata</i>
	<i>Glenodinium</i>	
	<i>Peridinium</i>	<i>Peridinium gatunense</i>
	<i>Prorocentrum</i>	<i>Prorocentrum minimum</i>
Ochrophyta	<i>Urosolenia</i>	
Streptophyta	<i>Closterium</i>	<i>Closterium aciculare</i> <i>Closterium limneticum</i> var. <i>fallax</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Tabela 2 – Classificação das espécies de fitoplâncton de acordo com os Grupos Funcionais do Fitoplâncton (Reynolds, 2006)

Grupo Funcional	Representante
A	<i>Cytotella comensis</i>
	<i>Urosolenia</i>
D	<i>Nitzschia</i>
	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>
P	<i>Closterium aciculare</i>
S1	<i>Limnithrix redekei</i>
	<i>Planktothrix agardii</i>
	<i>Pseudanabaena</i>
S2	<i>Raphidiopsis</i>
Sn	<i>Cylindrospermopsis</i>
Z	<i>Synechococcus</i>
X1	<i>Ankyra</i>
	<i>Chlorella</i>
	<i>Monoraphidium</i>
Y	<i>Cryptomonas</i>
F	<i>Botryococcus</i>
	<i>Oocystis lacustris</i>
G	<i>Eudorina</i>
J	<i>Coelastrum</i>
	<i>Pediastrum</i>
	<i>Scenedesmus</i>
H1	<i>Aphanizomenon</i>
Lo	<i>Merismopedia</i>
	<i>Peridinium</i>
Lm	<i>Microcystis</i>
	<i>Ceratium</i>
M	<i>Microcystis</i>
W2	<i>Trachelomonas</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Com relação a importância da identificação, sintetização e organização de publicações com mesmo enfoque como contribuinte ao estudo cienciométrico, observa-se um mapa bibliométrico que leva em consideração as palavras-chave e

O *cluster* de pontuação média (azul) explora a diversidade fitoplanctônica e algal em ambientes aquáticos com relação às grandes florações de cianobactérias, tendo seu foco nas mudanças climáticas e na qualidade da água de reservatórios artificiais, mostrando como diferentes fatores ambientais podem vir a afetar a estrutura da comunidade.

O *cluster* de pontuação baixa (amarelo) demonstra a importância dos aspectos fisiológicos e químicos dos ecossistemas aquáticos estudados, bem como análises metabólicas e de clorofila. É o cluster que mais indica a necessidade de uma abordagem experimental em estudos dentro do tema. O segundo *cluster* de pontuação baixa (lilás), mesmo sendo o menor, é o que mais tem foco nas macrófitas, principalmente na região mediterrânea, o que se reflete em preocupações acerca da poluição da água e gestão deste recurso em ambientes de reserva.

5 DISCUSSÃO

Após toda a fase de triagem, levando em consideração os 90 artigos finais selecionados para leitura e análise, nota-se que o Brasil é o país que contém maior número de artigos publicados dentro do tema, sendo o maior representante da América do Sul em número de trabalhos publicados. Em seguida a China, mostrando que a maioria dos estudos estão concentrados em regiões secas com zonas tropicais e temperadas.

Ambos os países que mais publicaram apresentam regimes de chuva distintos, com estações efêmeras diferentes, bem como a temperatura média e variações sazonais (Ikeda *et al.*, 2016), com invernos mais frios e verões mais quentes (Zhang *et al.*, 2011).

Ainda sobre este contingente de publicações, destaca-se também a presença do continente Europeu em número de artigos publicados dentro do tema, mesmo sendo em números bem abaixo do que já fora citado. Estes números demonstram que, mesmo em baixa quantidade de publicações, por serem países com maior investimento em pesquisa científica, apresentam um número significativo de publicações dentro do tema, os colocando também dentro deste ranking.

Acredita-se que o destaque no aumento de publicações entre 2011 a 2020 se deva ao fato de que a partir deste período, as discussões acerca das mudanças climáticas vêm se tornando mais frequentes, bem como suas consequências. No Brasil, em específico, as secas ocorrentes no período de 2012 a 2017 foram um fator importante para o aumento no número de publicações acerca do tema no país.

No período entre 2012 a 2017 o Brasil passou por uma série de eventos de secas severas que afetaram todas as regiões do país, em especial o Nordeste e o Sudeste, com regimes de chuva abaixo da média e grande escassez hídrica, trazendo impactos diretos na oferta e disponibilidade de água e, consequentemente, na geração de energia elétrica, fatores que dependem do nível de água presente nos reservatórios (ANA, 2020)

As secas ocorrentes neste período tiveram como causa uma combinação de fatores climáticos e ambientais. O El Niño, fenômeno natural que altera os padrões climáticos globais foi o que mais contribuiu para a irregularidade de chuvas no país, em conjunto com o desmatamento e a degradação dos recursos naturais, o que causou certa irregularidade hidrológica (Martins *et al.*, 2017; Nobre *et al.*, 2017).

A diminuição no nível de água dos reservatórios causada pela escassez de chuvas leva a uma maior concentração de nutrientes como nitrogênio e fósforo nestes corpos d'água, levando a eutrofização e ao aparecimento de grandes florações de cianobactérias bem como outras algas (Lopes *et al.*, 2016; Chaves *et al.*, 2018), tendo em vista que as condições para seu crescimento são favoráveis. Outro fator que ocorre devido à seca é o aquecimento da água, que também favorece a proliferação das cianobactérias (Gupta *et al.*, 2020).

A queda verificada posteriormente se deve ao fato de que existem apenas 4 anos de pesquisa recente, pode ser que em cerca de 10 anos tenhamos um aumento de pelo menos 45 artigos publicados se o número se manter. Outra provável explicação para o aumento das publicações é que certos ambientes passaram por perturbações ecológicas frequentes, alterando assim a dinâmica do fitoplâncton nas regiões estudadas.

Outra hipótese em potencial para o crescimento no número de publicações acerca deste tema são os avanços tecnológicos ao longo das décadas, não somente na parte das pesquisas em si, mas também na melhoria de todo o aparato necessário para que se desenvolvam estudos em tais áreas.

Quanto a classificação dos artigos de acordo com a Área do Conhecimento, considerando as áreas de Ciências Agrárias e Biológicas que apresentou o maior número de artigos publicados, acredita-se que este resultado está relacionado com o fato de boa parte dos estudos terem sido realizados em áreas secas comuns ao uso humano. Nessas áreas os corpos d'água sazonais ou pequenos reservatórios são formados a partir da chuva, usados para fins domésticos, de agricultura em grande escala, irrigação, pecuária, recreação e suprimento de água (Tundisi 1988; Barbosa *et al.*, 1999).

Os artigos que contemplavam mais de uma Área do Conhecimento nos mostram a importância da interdisciplinaridade dentro da pesquisa (Dencker, 2002), ampliando a visão sobre os estudos realizados em tais regiões e levando ao uso estratégico dos conhecimentos carregados em ambas as áreas.

Em relação ao tipo de estudo, a maior parte dos trabalhos analisados tiveram como foco a pesquisa observacional, mostrando a escassez existente em pesquisas experimentais nestas regiões, sendo estas fundamentais para elucidar trabalhos teóricos e empíricos, os tornando certamente mais aplicáveis a realidade (Moraes; Carvalho; Pereira, 2017).

Estudos observacionais podem ser vistos como um passo inicial na construção do conhecimento, gerando hipóteses sujeitas a testes através de experimentos (Rigler; Peters, 1995), desta forma, compreende-se que estudos observacionais e experimentais são complementares. Assim, para o desenvolvimento de pesquisas dentro do tema, é importante que estas foquem também em uma abordagem experimental, bem como o teste de hipóteses, ampliando o conhecimento acerca do tema.

De acordo com as espécies identificadas a partir dos artigos selecionados, observa-se uma maior frequência nos estudos com Cianobactérias, sendo este o organismo relatado com mais frequência em estudos observacionais principalmente em reservatórios, açudes, sistemas de drenagem e irrigação e corpos d'água efêmeros que, devido à grande influência das áreas de drenagem são ambientes naturalmente mais eutróficos, além de rios e estuários (Ney, 1996), constituindo a maior parte da densidade e biovolume do fitoplâncton.

Observa-se nos artigos levantados que a discussão acerca da frequência das cianobactérias em ambientes aquáticos alinha-se à ecologia aquática e a biodiversidade fazendo ligação direta entre as condições hidrológicas e a comunidade fitoplanctônica, claramente ilustrada no primeiro *cluster* (vermelho) gerado nas análises bibliométricas, de pontuação mais alta.

Outro clado de espécies que mostrou grande destaque dentro dos estudos foram as Clorófitas, cosmopolitas e comumente encontradas em ambientes salinos/salobros e costeiros, sendo o grupo com maior diversidade de algas, também comuns em regiões tropicais e litorâneas, em áreas costeiras (Tashlykova, 2019). Alguns trabalhos avaliados durante o levantamento dos artigos mostram que a salinidade é frequentemente relatada em assembleias de diversos organismos planctônicos (Bruce *et al.*, 2006; Barbosa *et al.*, 2007) e a predominância das Clorófitas em tais ambientes também coincide com situações de elevada disponibilidade de nitrogênio inorgânico (Reynolds, 2006).

De acordo com os levantamentos feitos, o sucesso destes grupos nestes sistemas aquáticos depende da alta tolerância ao estresse hidráulico e das adaptações morfológicas e fisiológicas destes organismos para crescer sob diferentes intensidades luminosas (Leland *et al.*, 2001; Reynolds, 2006; Soares *et al.*, 2007).

Outro fator que pode explicar é que em ambientes de altas temperaturas com sistemas de baixo fluxo (Philips *et al.*, 2007), salinos, eutróficos e organicamente

poluídos (Bauer *et al.*, 2002; O'Farrel *et al.*, 2002; Mercado, 2003), onde as comunidades presentes no ambiente são adaptadas a diferentes faixas de salinidade e as algas desempenham um papel diferente em cada setor (Oren *et al.*, 2009), muitas vezes dominando todo um ciclo sazonal (Marinho, Huszar, 2002).

De um modo geral, os resultados obtidos nos artigos demonstraram que as variações hidrológicas provocam alterações diretas em determinados ambientes, onde o número de ambientes aquáticos diminui na mesma direção e seu equilíbrio hídrico é regulado pelas estações chuvosas e secas, o que leva a ocorrer mudanças na biomassa e na composição da massa fitoplanctônica, sendo o período de seca o objeto influenciador da dinâmica de determinados grupos funcionais (Mouillot, Tomei, 2005; Sommer, 2008; Lengfellner, 2008).

Estes fatores podem ser observados no segundo *cluster* de pontuação mais alta (verde) da análise bibliométrica, tendo em vista a forte relação entre a eutrofização e a poluição hídrica no que diz respeito a diversidade e dinâmica das comunidades algais.

Outro *cluster* que faz referência direta a estes fatores é o *cluster* azul, que aborda questões que estão relacionadas à diversidade e a estrutura da comunidade fitoplanctônica nos ecossistemas aquáticos, trazendo um maior foco na disponibilidade de nutrientes, nas dinâmicas climáticas e nas condições ambientais, sugerindo que o estudo destas comunidades tem um olhar mais voltado para as mudanças climáticas e os efeitos sazonais das mesmas sobre estes sistemas.

Este *cluster* destaca ainda uma ampla gama de organismos fitoplanctônicos que possuem grande importância para os ecossistemas aquáticos, como cianobactérias, algas verdes, criptófitas, além de ressaltar os papéis ecológicos específicos dos diferentes grupos funcionais estudados.

Também menciona a dinâmica de nutrientes que é diretamente alterada a partir dos efeitos sazonais das mudanças climáticas, onde estas podem provocar alterações nos padrões climáticos que afetam a temperatura da água, a disponibilidade de nutrientes e a intensidade da luz, causando impactos no crescimento na composição das comunidades fitoplanctônicas.

Ambos os *clusters* de pontuação alta (vermelho e verde) também dialogam no que se trata da monitorização e gestão ambiental, deixando clara a importância dos estudos multidisciplinares que conectam a diversidade de espécies com a dinâmica

de algas, o que facilita a criação de estratégias para o controle da poluição e conservação de ecossistemas.

A seca intensa pode vir a ser a responsável pelo baixo volume dos corpos d'água e, conseqüentemente, pela turbidez excessiva, seguida de forte eutrofização e elevada biomassa algal nestes períodos, com o predomínio de cianobactérias associadas a ambientes rasos e reservatórios túrbidos, igualmente eutróficos (Pennard *et al.*, 2008; Dantas *et al.*, 2009; Soares *et al.*, 2013).

É possível observar esse aspecto no cluster de pontuação média (azul) da análise bibliométrica, que explora como a seca e outros fatores podem levar à eutrofização e a floração de cianobactérias em relação às mudanças climáticas.

Outro foco importante do *cluster* azul em conjunto com os *clusters* vermelho e verde é no que diz respeito a qualidade da água, onde o fitoplâncton pode servir como bioindicador da saúde do ambiente aquático, revelando um campo de pesquisa focado em sua diversidade, explorando sua relação com as condições ambientais. Estes três *clusters* possuem uma forte conexão em torno do estudo das comunidades fitoplanctônicas, com ênfase nos fatores ambientais e na qualidade da água e também na monitoração de ecossistemas aquáticos, tendo um foco comum no estudo da biodiversidade aquática.

Outros trabalhos apontam ainda que mudanças da densidade do fitoplâncton são favorecidas pelas altas disponibilidades de nutrientes e concentração de matéria orgânica nestes ambientes eutróficos (García de Emiliani, Devercelli, 2004; Devercelli, 2008). Variáveis abióticas também são frequentemente citadas nos estudos levantados como influenciadoras à diversidade e abundância do fitoplâncton, sendo estas um filtro que selecionam as espécies que não conseguem se desenvolver nas condições dos habitats existentes (Statzner *et al.*, 2001; Heino *et al.*, 2003; Townsed *et al.*, 2003), bem como influenciam o surgimento de novas espécies adaptadas a tais condições (Oren, 2011).

Estes fatores, especialmente salinidade e temperatura, são considerados inibidores do crescimento e da filtragem de algumas espécies, produzindo mudanças previsíveis na composição do fitoplâncton (Groover, Chrzanowski, 2006), causando a diminuição da riqueza e densidade de espécies e tornando a diversidade biológica e a estrutura da comunidade reféns destas variáveis (Thiéry, Puente, 2002; Ayadi *et al.*, 2004; Abid *et al.*, 2008; Winder, Sommer, 2012; Yoon *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2018; Xu

et al., 2019). A discussão sobre estas variáveis se relaciona bem com o primeiro *cluster* de pontuação baixa (amarelo) da análise bibliométrica, o qual enfatiza aspectos fisiológicos e químicos, sugerindo a importância de uma abordagem experimental.

Observa-se também que alguns trabalhos mostram que, para superar estes filtros ambientais, uma espécie requer não somente adaptações corpóreas e estruturais, mas também características fisiológicas (Poff, 1997; Reynolds, 2006), como equilíbrio osmótico, nitrificação, redução de sulfato com a formação de acetato de metano, bem como processos de respiração, fotossíntese e fermentação (Pedrós-Alió *et al.*, 2000; Oren, 2002, Ayadi *et al.*, 2004).

Cabe ressaltar ainda que estes resultados mostram a veracidade nas previsões feitas diante do recente cenário de mudanças climáticas ao qual avançamos, onde é dito que, futuramente, os eventos de seca podem se tornar cada vez mais frequentes (Moss *et al.*, 2011). Esses eventos serão mais evidentes principalmente nos países que já sofrem escassez de água, os mais afetados pelos problemas adicionais decorrentes do efeito das alterações climáticas (Bates *et al.*, Kun-Dzewicz *et al.*, 2007) tais como eutrofização.

Embora menos central ao tema, a discussão sobre mudanças climáticas e os impactos gerados na gestão de recursos hídricos pode se conectar a preocupações sobre poluição hídrica, refletindo o foco do segundo *cluster* de pontuação baixa (lilás) gerado a partir das análises bibliométricas, com relação a gestão de recursos em ambientes de reserva.

Os artigos levantados indicam que o aquecimento global traz uma influência direta na diminuição ou aumento da abundância de espécies de fitoplâncton (Cai; Tan, 2010) e como consequência estas alterações podem resultar na formação e aparecimento de frequentes florações de algas nocivas (Cai *et al.*, 2016), sendo esta um indicador útil para detectar respostas potenciais dos ecossistemas aquáticos às mudanças climáticas.

Estas abordagens permitem que sejam feitas generalizações sobre o desempenho das espécies em relação às mudanças ambientais, sendo este um passo essencial para melhorar a quantificação e a previsão dos impactos das mudanças climáticas nos sistemas aquáticos (Kruk, Segura, 2012), uma ferramenta importante para um gerenciamento mais eficaz do ecossistema (Kruk *et al.*, 2014).

6 CONCLUSÃO

O número de trabalhos publicados sobre o fitoplâncton em regiões secas apresentou aumento considerável ao longo dos anos, tendo em vista a intensificação das discussões e estudos da comunidade presente nestas regiões, principalmente devido aos efeitos das mudanças climáticas. Desta forma, faz-se necessário estudos mais abrangentes a fim de se verificar a dinâmica da comunidade fitoplanctônica nas regiões secas e semiáridas ao redor do mundo, principalmente em regiões temporárias.

Este número maior de pesquisas poderá contribuir de forma mais efetiva para a elaboração de novas políticas acerca da preservação destes ambientes, bem como trará avaliações mais precisas sobre a distribuição da comunidade fitoplanctônica nestes ambientes e a discussão acerca dos efeitos diretos do avanço das mudanças climáticas no mundo.

REFERÊNCIAS

- ALVES-DE-SOUZA, C.; MENEZES, M.; HUSZAR, V. L. M. Phytoplankton composition and functional groups in a tropical humic coastal lagoon, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 3, p. 701-708, 2006.
- ANDERSON, D. M.; RENGEFORE, K. Community assembly and seasonal succession of marine dinoflagellates in a temperate estuary: the importance of life cycle events. **Limnology and Oceanography**, v. 51, p. 860-873, 2006.
- ARROYO, N. L.; et al. Survival strategies of phytoplankton in temporary freshwater ecosystems: The role of dormancy. **Freshwater Biology**, v. 69, n. 1, p. 200-212, 2024.
- BAI, Y.; et al. Phytoplankton distribution and its relation to environmental factors in a shallow lake with fluctuating salinity. **Aquatic Sciences**, v. 81, n. 1, p. 12, 2019.
- BAKER, A. C.; et al. Cyanobacterial blooms in saline and hypersaline ecosystems: A review. **Aquatic Ecology**, v. 48, n. 2, p. 109-129, 2014.
- BAKER, A. C.; et al. Phytoplankton dynamics in a semi-arid coastal lagoon: Implications for management. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 24, n. 4, p. 457-469, 2014.
- BAKER, A. C.; HUTH, R. Usando revisões sistemáticas para apoiar a tomada de decisões na gestão ambiental. **Environmental Management**, v. 58, n. 3, p. 321-332, 2016.
- BAKER, A. M.; et al. Temporary aquatic ecosystems: The role of seasonal habitats in supporting biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 31, n. 3, p. 565-582, 2022.
- BAKER, M. A.; et al. Hydrological variability and its impact on water quality and phytoplankton dynamics in arid region reservoirs. **Environmental Management**, v. 68, n. 2, p. 310-324, 2021.
- BAKER, R. J.; et al. Climate change and the future of saline lakes: Impacts on biodiversity and ecosystem services. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 32, n. 8, p. 1593-1607, 2022.
- BARBOSA, J.E.L. **Dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo (nictemeral/sazonal) e de espaço (horizontal/vertical) no açude Traperoá II: trópico semi-árido nordestino**. 2002. 208 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.
- BARBOSA, J. E. L.; FRANÇA, J. C. Educação Ambiental e a conservação da biodiversidade aquática do semiárido. In: ABÍLIO, F. J. P. (Org.). **Educação Ambiental para o semiárido**. João Pessoa-PB: Editora Universitária da UFPB, 2011. cap. 8, p. 359-384.
- BARBOSA, L. G.; BARBOSA, P. M. M.; BARBOSA, F. A. R. Vertical distribution of phytoplankton functional groups in a tropical shallow lake: driving forces on a dial scale. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, p. 63-73, 2011.

BECKER, V. *et al.*, Driving factors of the phytoplankton functional groups in a deep Mediterranean reservoir. **Water Research**, v. 44, p. 3345-3354, 2010.

BECKER, V.; HUSZAR, V. L. M.; CROSSETTI, L. O. Responses of phytoplankton functional groups to the mixing regime in a deep subtropical reservoir. **Hydrobiologia**, v. 628, p. 137-151, 2009a.

BECKER, V.; CARDOSO, L. S.; HUSZAR, V. L. M. Diel variation of phytoplankton functional groups in a subtropical reservoir in southern Brazil during an autumnal stratification period. **Aquatic Sciences**, v. 43, p. 285-293, 2009b.

BENNETT, A. B. *et al.* O papel das revisões sistemáticas na gestão ambiental. **Environmental Evidence**, v. 5, n. 1, p. 1-7, 2016.

BORGES, P. A. F.; TRAIN, S.; RODRIGUES, L. C. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 607, p. 63-74, 2008.

BOVO-SCOMPARIN, V. M.; TRAIN, S. Long-term variability of the phytoplankton community in an isolated floodplain lake of the Ivinhema River State Park, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 610, p. 331-344, 2008.

BRAGA, G.G. **Influência da seca extrema na dinâmica fitoplanctônica de um reservatório da região tropical semiárida: uma abordagem morfofuncional**. 2015. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015.

BRUN, P.; *et al.* Morphological and ecological adaptations of phytoplankton in response to changing environmental conditions. **Limnology and Oceanography**, v. 65, n. 8, p. 1776-1790, 2020.

BUCAK, T. *et al.* Processos hidrológicos em regiões semiáridas. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 16, n. 10, p. 3533-3547, 2012.

BURFORD, M. A. *et al.* Efeitos das mudanças climáticas nos ecossistemas aquáticos. **Freshwater Biology**, v. 52, n. 10, p. 1981-1992, 2007.

CAVALCANTE, E. C.; FAUSTINO, S. M. M.; SILVA, L. M. A.; CUNHA, A. C.; OLIVEIRA, E. D. C. Monitoramento do fitoplâncton na água bruta da ETA Macapá e inferências sobre a COVID-19. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 3, p. 664-678, 2021.

CHAVES, D.; FONSECA, M. M.; PEREIRA, L. C. H. The impact of drought on hydropower production in Brazil. **Energy Policy**, v. 113, p. 341-351, 2018.

CHELLAPPA, N. *et al.*, Impact of stress and disturbance on the phytoplankton communities in northeastern Brazil reservoir. **Limnologia - Ecology and Management of Inland Waters**, v. 39, p. 273-282, 2009.

CHOW, F. K.; *et al.* Phytoplankton dynamics in a regulated river system: Effects of flow regulation on phytoplankton communities. **River Research and Applications**, v. 28, n. 4, p. 543-558, 2012.

CLOERN, J. E.; JASSBY, A. D. Drivers of change in estuarine and coastal ecosystems: Insights from long-term data. **Estuaries and Coasts**, v. 44, n. 3, p. 650-664, 2021.

CROSSETTI, L. O.; BICUDO, C. E. M. Adaptations in phytoplankton life strategies to imposed change in a shallow urban tropical eutrophic reservoir, Garças Reservoir, over 8 years. **Hydrobiologia**, v. 614, p. 91-105, 2008.

CROSSETTI, L. O.; PADISÁK, J. Functional morphology of phytoplankton: A review. **Hydrobiologia**, v. 553, n. 1, p. 79-86, 2006.

CRUZ, P.; et al. Cyanobacteria in temporary water bodies: Resilience and ecological roles. **Hydrobiologia**, v. 849, n. 1, p. 83-97, 2022.

DÖLL, P.; ZHANG, J. Impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos. **Environmental Research Letters**, v. 5, n. 2, p. 025002, 2010.

DUGGAN, I. C.; et al. Climate change effects on freshwater phytoplankton: A global perspective. **Hydrobiologia**, v. 848, n. 1, p. 1-19, 2021.

ESTEVO, Jefferson. O Brasil e a China no âmbito das mudanças climáticas. **Idéias**, v. 10, e019002, 2019.

FERNANDES, Valesca Rodriguez et al. SECAS E OS IMPACTOS NA REGIÃO SUL DO BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 28, p. 561–584, 2021.

FITOPLÂNCTON EM LAGOAS DE POLIMENTO NO PÓS TRATAMENTO DE EFLUENTE DE REATOR ANAERÓBIO. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 424-437, 2020.

GANF, G. G. Diurnal mixing and vertical distribution of phytoplankton in a shallow equatorial lake. **Journal of Ecology**, v. 62, p. 611–629, 1974.

GEMELGO, M. C. P.; MUCCI, J. L. N.; NAVAS-PEREIRA, D. Population dynamics: seasonal variation of phytoplankton functional groups in Brazilian reservoirs (Billings and Guarapiranga, São Paulo). **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, p. 1001-1013, 2009.

GOMES, L. F. **Influências ambientais e espaciais sobre a comunidade zooplânctônica em um lago amazônico**. 2020. 143 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

GONZÁLEZ, M.; et al. Impact of evaporation and hydrological variability on phytoplankton diversity in arid regions. **Journal of Plankton Research**, v. 46, n. 2, p. 120-134, 2024.

GOZLAN, R. E.; et al. Fish and aquatic ecosystem conservation in a changing world: The role of science. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 29, n. 1, p. 1-12, 2019.

GUPTA, S.; KUMAR, A.; GULSHAN, S. Impact of droughts on cyanobacterial blooms in freshwater lakes: a global perspective. **Science of the Total Environment**, v. 731, p. 136470, 2020.

HADDAWAY, N. R. et al. O que é uma revisão sistemática? **Environmental Evidence**, v. 4, n. 1, p. 1-6, 2015.

HARRIS, G. P. **Phytoplankton Ecology: The Role of Phytoplankton in Aquatic Ecosystems**. Academic Press, 1986.

HIGGINS, J. P. T.; GREEN, S. **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions**. 1. ed. Oxford: The Cochrane Collaboration, 2008.

HOFFMAN, R. S.; NUNES, C. A.; LOPES, G. R. Cyanobacteria in freshwater ecosystems: An overview. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, v. 53, p. 25-37, 2015.

HUISMAN, J.; WEISSING, F. J. Biomass self-organization in a nutrient-rich water column. *Aquatic Ecology*, v. 35, n. 4, p. 571-577, 2001.

HUISMAN, J.; WEISSING, F. J. Biological responses to climate change: Implications for ecosystem functioning. *Nature Reviews Ecology & Evolution*, v. 9, n. 4, p. 234-245, 2022.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. In: **Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, 2021.

JIANG, Y.; et al. Seasonal dynamics and adaptations of phytoplankton in semi-arid lakes: Insights from field studies. *Journal of Plankton Research*, v. 45, n. 2, p. 123-135, 2023.

KJERFVE, B. Coastal lagoon processes. *Coastal Lagoon Processes*, v. 60, p. 1-8, 1994.

KUEHN, K. A.; et al. Effects of salinity fluctuations on phytoplankton community structure in arid and semi-arid aquatic systems. *Freshwater Biology*, v. 69, n. 2, p. 273-284, 2024.

KUMAR, S.; et al. Adaptations of phytoplankton to extreme environments: Mechanisms and ecological implications. *Aquatic Ecology*, v. 55, n. 4, p. 835-847, 2021.

KUMAR, S.; et al. Impact of climate change on phytoplankton dynamics: A review. *Global Change Biology*, v. 29, n. 5, p. 1471-1489, 2023.

LIBERATI, A. et al. A declaração PRISMA para relato de revisões sistemáticas e meta-análises: o grupo PRISMA. *PLoS Medicine*, v. 6, n. 7, e1000097, 2009.

LOPES, A. M.; VILELA, S. M.; TAVARES, F. M. Cyanobacterial blooms in Brazilian reservoirs: a review of environmental drivers and management strategies. *Water Research*, v. 99, p. 355-371, 2016.

LOPES, Raquel Neves Tavares. **Diversidade funcional do fitoplâncton no oceano Atlântico Tropical Oeste**. 2024. 174 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

LOPEZ-ARCHILLA, A. I.; ARAUJO, J. C. Adaptation of phytoplankton to changing environmental conditions in lakes and reservoirs. *Hydrobiologia*, v. 686, n. 1, p. 37-50, 2012.

LOPEZ-RODAS, V.; et al. The role of temporary ponds in nutrient cycling and phytoplankton dynamics. *Hydrobiologia*, v. 850, n. 1, p. 245-259, 2023.

- LOPEZ-SANDOVAL, D. C.; et al. Phytoplankton diversity in freshwater and marine environments: A global overview. **Freshwater Biology**, v. 67, n. 2, p. 223-237, 2022.
- MACIEL, A. M. S. et al. Scientometric analysis of research on trachoma in Brazil, 2000–2020. **Revista de Saúde Pública**, v. 56, p. 97, 2022.
- MARINHO, L. M. **Mudanças climáticas e impactos locais em costas semiáridas: percepção socioambiental sobre um estuário com manguezais**. 2019. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- MARTINS, Eduardo Sávio Passos Rodrigues; MAGALHÃES, Antonio Rocha; FONTENELE, Diógenes. A seca plurianual de 2010-2017 no Nordeste e seus impactos Parcerias Estratégicas. v. 22, p. 17-40, 2017.
- MASON, N. W. H.; et al. The influence of anthropogenic activities on salinity regimes and phytoplankton dynamics in coastal lagoons. **Marine Ecology Progress Series**, v. 670, p. 87-102, 2021.
- MATSUJOTO, M.; et al. Climate change impacts on water storage and nutrient dynamics in semi-arid reservoirs. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 26, n. 5, p. 1541-1556, 2022.
- MEDEIROS, D.H.M.; PINHEIRO, L.S.; MEDEIROS, J.P.O.; ROCHA, R.M. Condicionantes geomorfológicas e hidroclimáticas para hipersalinização em sistemas lacustres costeiros do semiárido brasileiro. **Revista de Geografia**, Recife, v. 35, p. 32-42, 2018.
- MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **PLoS Med.**, v. 6, n. 7, e1000097, 2009.
- MÖLLER, R.; HEISKANEN, A. S. Responses of phytoplankton to climate variability and human impacts in coastal waters. **Marine Ecology Progress Series**, v. 688, p. 1-16, 2024.
- MORATA, S. M.; CAMACHO, A.; MIRACLE, M.; VICENTE, E. Phytoplankton associations and their periodicity in a markedly stratified lake. **Limnetica**, v. 22, p. 35-52, 2003.
- MOURA, V. L. **Fatores controladores das concentrações de mercúrio (Hg) em organismos aquáticos costeiros da região semiárida brasileira**. 2023. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.
- NABOUT, J. C.; et al. Phytoplankton in floodplain lagoons of the Araguaia River, Brazil: structure and dynamics. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 1, p. 67-72, 2009.
- NABOUT, J. C.; NOGUEIRA, I. S.; OLIVEIRA, L. G. Estrutura de populações de fitoflagelados nas lagoas de inundação do rio Araguaia, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, p. 67-72, 2009.
- NASELLI-FLORES, L. Phytoplankton assemblages in twenty-one Sicilian reservoirs: relationships between species composition and environmental factors. **Hydrobiologia**, v. 424, p. 1-11, 2000.

NASELLI-FLORES, L. Man-made lakes in Mediterranean semi-arid climate: the strange case of Dr Deep Lake and Mr Shallow Lake. **Hydrobiologia**, v. 506-509, p. 13-21, 2003.

NAVAS-PEREIRA, D. Eutrofização e floração de fitoplâncton marinho. **Revista Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 38–48, 1994.

NISHIWAKI, A. A. M. **Uso do LIDAR e a potencialidade de geração de renda mediante pagamento por serviço ambiental de sequestro de carbono em floresta tropical sazonalmente seca**. 2023. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

NOBRE, C. A.; MARINHO, M. M.; GUERREIRO, J. P. El Niño and La Niña events and their influence on droughts in Brazil. **Journal of Climate**, v. 30, n. 23, p. 9311-9328, 2017.

OLIVEIRA, T. M. **Influência da atividade humana nos ecossistemas aquáticos: uma análise cienciométrica e um estudo de caso**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sociedade) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-GO.

O'NEILL, J. P.; et al. Salinity tolerance and life history strategies of phytoplankton in saline and hypersaline ecosystems. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 245, p. 106919, 2020.

O'REILLY, C. M.; et al. Phytoplankton community responses to seasonal changes in freshwater ecosystems: Implications for biodiversity. **Aquatic Ecology**, v. 54, n. 4, p. 753-764, 2020.

PAZ, E.L.C.; COSTA, L.N. **Estrutura da comunidade de fitoplâncton na microbacia do Rio Capitão Poço, Amazônia Oriental**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capitão Poço, 2020.

PADISÁK, J.; BORICS, G.; GRIGORSZKY, I.; SORÓCZKY-PINTÉR, É. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. **Hydrobiologia**, v. 553, p. 1-14, 2006.

PADISÁK, J.; CROSSETTI, L. O.; NASELLI-FLORES, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. **Hydrobiologia**, v. 621, p. 1-19, 2009.

PADISÁK, J.; CROSSETTI, L. O.; NASELLI-FLORES, L. Modelando a estrutura e funcionamento das comunidades de fitoplâncton: um desafio para o século XXI. **Hydrobiologia**, v. 621, n. 1, p. 1-22, 2009.

PADISÁK, J. et al. Estratégias adaptativas de fitoplâncton em ambientes aquáticos. **Hydrobiologia**, v. 621, n. 1, p. 1-17, 2009.

PAGE, M. J.; et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, 2021.

PATEL, S. J.; et al. Seasonal and interannual variability of cyanobacterial blooms in drought-affected reservoirs. **Journal of Plankton Research**, v. 46, n. 3, p. 335-347, 2024.

- PÉREZ-RUZAFÁ, Á.; et al. Coastal lagoons: Vulnerability to climate change and the role of phytoplankton in ecosystem functioning. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 290, p. 107316, 2023.
- PETERSEN, J. E.; et al. Phytoplankton as indicators of ecological health in aquatic ecosystems. **Ecological Indicators**, v. 145, p. 109554, 2023.
- POPE, C.; et al. Synthesizing qualitative and quantitative evidence: A new methodology for systematic reviews. **Qualitative Health Research**, v. 33, n. 1, p. 100-113, 2023.
- PULLIN, A. S.; KNIGHT, T. M. Eficácia na prática de conservação: a importância da evidência. **Conservation Biology**, v. 15, n. 2, p. 447-450, 2001.
- RANJBAR, A.; et al. Phytoplankton dynamics in hypersaline environments: A review. **Aquatic Ecology**, v. 51, n. 3, p. 349-362, 2017.
- RASOOL, S. I. **On dynamics of desert and climate**. In Houghton, J. T. (editor) The global climate. Cambridge University Press, New York, 1984, p. 107-120.
- REYNOLDS, C. S. Phytoplankton associations and their periodicity in stratifying lake systems. **Holarctic Ecology**, v. 3, p. 141-159, 1980.
- REYNOLDS, C. S. **The Ecology of Phytoplankton**. Cambridge University Press, 2006.
- REYNOLDS, C. S. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. In: SANDGREN, C. D. (Ed.). **Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton**. New York: Cambridge University Press, 1988. p. 388-433.
- REYNOLDS, C. S. What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? **Hydrobiologia**, v. 369-370, p. 11-26, 1998.
- REYNOLDS, C. S.; HUSZAR, V.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 24, n. 5, p. 417-428, 2002.
- RADTKE CANEPELE, N.; BELINTANI SHIGAKI, H.; RAMOS, H. R.; RIBEIRO, I. A utilização do software VOSviewer em pesquisas científicas. **Revista Ibero-Americana de Estratégia**, v. 22, n. 1, e24970, 2023.
- ROCHA, C. M. C. et al. Aquatic macrophytes and trophic interactions: a scientometric analyses and research perspectives. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 4, p. 617-624, nov. 2019.
- RODRIGUES, S. C.; TORGAN, L.; SCHWARZBOLD, A. Composição e variação sazonal da riqueza do fitoplâncton na foz de rios do delta do Jacuí, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 3, p. 707-721, 2007.
- ROSADO, J.; MORAIS, M. M. Water management strategies in a scarcity situation: Semi-arid and Mediterranean regions. **Sustainability in Debate**, v. 1, n. 2, p. 29, 2010. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v1n2.2010.1678>.
- ROTHER, H.-A. Systematic review methodologies: Advances and future directions. **Research Synthesis Methods**, v. 12, n. 4, p. 476-487, 2021.

SANTOS, Sergio Rodrigo Quadros dos; CUNHA, Ana Paula Martins do Amaral; RIBEIRO-NETO, Germano Gondin. AVALIAÇÃO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO PARA O MONITORAMENTO DO PADRÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA SECA NO NORDESTE DO BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 25, 2021.

SAYERS, C. D.; et al. Impact of nutrient loading on phytoplankton communities in shallow lakes: A global meta-analysis. **Ecological Applications**, v. 30, n. 2, e02027, 2020.

SCHNEIDER, D. W.; et al. Impact of water level fluctuations on sediment resuspension and nutrient release in reservoirs. **Water Research**, v. 184, p. 116188, 2020.

SILVA, F. L. da et al. Advantages, disadvantages and methods of applying mathematical models to evaluate water quality in reservoirs: a systematic review. **Revista Ambiente & Água**, v. 17, n. 2, e2804, 2022.

SILVA, L. A. M.; SILVA, T. S.; PASTICH, E. A.; SANTOS, S. M. Uso sustentável de macrófitas no tratamento de efluentes: uma revisão sistemática. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 4, n. 4, p. 228–238, 2019. <https://doi.org/10.24221/jeap.4.4.2019.2590.228-238>.

SOARES, M. C. et al., Cyanobacterial dominance in Brazil: distribution and environmental preferences. **Hydrobiologia**, v. 717, p. 1-12, 2013.

SOUSA, L. M. de. **Efeitos de diferentes fontes alimentares no desenvolvimento de Moina minuta Hansen (1899) (Crustacea: Branchiopoda)**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema, 2021.

SURYANARAYANA, C.; MAHAMMOOD, V. Groundwater-level assessment and prediction using realistic pumping and recharge rates for semi-arid coastal regions: a case study of Visakhapatnam city, India. **Hydrogeology Journal**, v. 27, p. 249–272, 2019.

TENG, S.; et al. Systematic review methodologies: Advances and future directions. **Research Synthesis Methods**, v. 12, n. 4, p. 476-487, 2021.

TIAN, C. *et al.* Temporal niche patterns of large mammals in Wanglang National Nature Reserve, China. **Global Ecology and Conservation**, v. 22, e01015, 2020.

TUNDISI, J. G. Distribuição espacial, sequência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: Fatores limitantes e controladores. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 50, p. 973-955, 1990.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Represas artificiais. In: TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 320–354.

VASQUEZ, E.; et al. Invasive species in saline lakes: Implications for biodiversity and ecosystem health. **Journal of Environmental Management**, v. 265, p. 110521, 2020.

VALLENTYNE, J. R.; ST. AMAND, A. Eutrophication in arid and semi-arid freshwater ecosystems: Challenges and management strategies. **Freshwater Biology**, v. 68, n. 1, p. 10-22, 2023.

VAN DER WAARDE, J. A.; *et al.* Cyst formation in phytoplankton: Implications for population dynamics. **Aquatic Ecology**, v. 52, n. 1, p. 99-114, 2018.

WANG, Z.; *et al.* Survival strategies of phytoplankton in shallow lakes: Implications for water quality management. **Hydrobiologia**, v. 764, n. 1, p. 89-100, 2016.

WANG, S. *et al.*, Effects of local climate and hydrological conditions on thermal regime of a reservoir at Tropic of Cancer, in Southern China. **Water Research**, v. 46, p. 2591–2604, 2012.

ZHANG, W.; *et al.* Seasonal and spatial variations in phytoplankton community structure in arid and semi-arid regions. **Journal of Plankton Research**, v. 46, n. 1, p. 45-56, 2024.