

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**Crescimento de microalgas dos rios Paraguai e Salobra, Mato Grosso do Sul, Brasil
em meio de cultivo NPK**

Melissa Emily Anschau

**DOURADOS/MS
2024**

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Crescimento de microalgas dos rios Paraguai e Salobra, Mato Grosso do Sul,
Brasil em meio de cultivo NPK**

Acadêmica: Melissa Emily Anschau
Orientador: Dr. Marcelo Fossa Da Paz

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do grau de bacharelado em Ciências Biológicas.

Dourados- MS

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

A617c Anschau, Melissa Emily

Crescimento de microalgas dos rios Paraguai e Salobra, Mato Grosso do Sul, Brasil em meio de cultivo NPK [recurso eletrônico] / Melissa Emily Anschau. -- 2024.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Marcelo Fossa Da Paz.

TCC (Graduação em Ciências Biológicas)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Biodiversidade. 2. Microalgas. 3. Morfologia. I. Paz, Marcelo Fossa Da. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



**Crescimento de microalgas dos rios Paraguai e Salobra, Mato Grosso do Sul,
Brasil em meio de cultivo NPK**

Melissa Emily Anschau

Dourados- MS

2024

Melissa Emily Anschau

**Crescimento de microalgas dos rios Paraguai e Salobra, Mato Grosso do Sul, Brasil
em meio de cultivo NPK**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, da Universidade Federal da Grande Dourados.

Orientador: Marcelo Fossa da Paz

Área de Concentração: Microbiologia

Aprovado em: 01/03/2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARCELO FOSSA DA PAZ**
Data: 07/03/2024 20:38:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Marcelo Fossa da Paz

Presidente

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO SIMOES RIBEIRO LEITE**
Data: 08/03/2024 10:23:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rodrigo Simões Ribeiro Leite

Membro

Documento assinado digitalmente
 **MICHELLE PINHEIRO VETORELLI**
Data: 08/03/2024 17:21:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Michelle Pinheiro Vetorelli

Membro

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a mim, que mesmo diante de diversos fatores ao longo destes anos, nunca desisti.

Agradeço a minha mãe Fabiana Miranda, que me alfabetizou, me apoiou na decisão do curso e confiou em mim. E ao meu pai Valter Luis, que sempre esteve ao meu lado, me aconselhando, apoiando, e nunca medindo esforços para me ajudar no que fosse necessário.

Agradeço ao meu primo Douglas Anschau, por me estender a mão quando precisei. E a minha avó Betinhia Araújo que sempre torceu por mim.

Agradeço a Carolina Ito, Pedro Henrique, Matheus Oliveira e Thália Juliana, por todos os dias felizes e tristes no câmpus e pela amizade que contruímos durante o curso.

Agradeço a todos os meus amigos que estiveram comigo, em especial João Marcos Gomes, Andrei Benatti, Danieli Duarte, Danielly Nunes, Joyci Silva, Yasmin Dias e João Ottaiano por cada incentivo e por serem meu lar sempre que precisei.

Agradeço as pessoas que passaram pela minha vida mesmo que por pouco tempo e me abriram os olhos para o mundo, me ensinaram sobre suas culturas, suas histórias de vida e se sentiram a vontade para compartilhar seus conhecimentos comigo. Por isso sou grata as pessoas que conheci em Arraial D'Ajuda-BA e em Ubatuba-SP, por me ensinarem além da sala de aula.

Agradeço ao professor Dr. Marcelo Fossa da Paz, pela orientação, paciência e auxílio ao longo deste trabalho. A professora Dra. Michelle Vetorelli, por colocar-se a disposição de me auxiliar e ao Professor Dr. Rodrigo Simões por aceitar compor a banca avaliadora.

Por fim, agradeço a Universidade Federal da Grande Dourados por tornar meu desejo de ser bióloga uma realidade.

Sumário

Resumo.....	6
Abstract	6
1. Introdução.....	7
1.1 Objetivo Geral	8
1.2 Objetivos Específicos	8
2. Revisão de literatura	9
2.1 Métodos de análise para identificação	9
2.1.1 Morfologia	10
2.1.2 Composição Bioquímica	10
2.2 Crescimento e Produtividade	10
2.4 Corpos hídricos e características	12
2.4.1 Propriedades Físicas	12
2.4.2 Propriedades Químicas	12
2.5 Biológicas	13
2.7	14
2.7.1	14
2.7.1	15
3. Material e Métodos.....	16
3.1	16
3.2. Método de coleta	19
3.3. Tratamento das amostras	19
3.4. Análise da água	19
4. Resultados e discussão	19
4.1 Famílias encontradas	20
4.2 Caracterização das águas	22
5. Conclusão	23
Referências.....	23

Lista de Figuras

Figura 1. Ponto de amostragem 1. Rio Paraguai, Ladário, Mato Grosso do Sul.....	17
Figura 2. Ponto de amostragem 2. Rio Salobra, Bodoquena, Mato Grosso do Sul.....	18
Figura 3. Pontos de coleta Rio Paraguai e Rio Salobra, mapa satélite.....	18
Figura 4. Imagens em microscopia óptica de espécies de microalgas nativas de ambiente dulciaquícola com crescimento induzido por NPK.	20
Figura 5. Imagens em microscopia óptica de espécies de microalgas nativas de ambiente dulciaquícola com crescimento induzido por NPK.	21
Figura 6. Imagens em microscopia óptica de espécies de microalgas nativas de ambiente salobro com crescimento induzido por NPK.	21

Lista de Tabela

Tabela 1. Parâmetros abióticos: das amostragens. 1) pH; 2) Salinidade; 3) $\mu\text{S}/\text{cm}$ -Conductividade; 4) Turbidez Ppm- Parte por milhão.	23
--	----

Resumo

Microalgas são organismos fotossintéticos unicelulares encontrados em diferentes ambientes aquáticos. As características físicas, químicas e a disponibilidade de nutrientes presentes na água são fatores significativos para o desenvolvimento da biodiversidade microalgal. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi induzir o crescimento de microalgas coletadas na bacia do Paraguai em meio NPK para identificar a diversidade morfológica de microalgas desenvolvidas no meio. As amostras da água foram coletadas às margens do Rio Paraguai e Rio Salobra- Mato Grosso do Sul, Brasil. Em laboratório foi realizado o cultivo, a análise de parâmetros como: pH, salinidade, condutividade e turbidez, e a identificação das famílias encontradas em ambos corpos hídricos que se desenvolveram no meio de cultivo.

Palavras-chave: biodiversidade, microalgas, morfologia.

Abstract

Microalgae are unicellular photosynthetic organisms found in different aquatic environments. The physical, chemical characteristics and the availability of nutrients present in the water are significant factors for the development of microalgal biodiversity. In this sense, the objective of this study was to induce the growth of microalgae collected in the Paraguay basin in NPK medium to identify the morphological diversity of microalgae developed in the medium. Water samples were collected on the banks of the Paraguay River and Salobra River-Mato Grosso do Sul, Brazil. In the laboratory the cultivation was carried out, the analysis of parameters such as pH, salinity, conductivity and turbidity, and the identification of families found in both water bodies that developed in the culture medium.

Key words: biodiversity, microalgae, morphology.

1. Introdução

As microalgas caracterizam-se enquanto organismos unicelulares e diminutos, cujos tamanhos podem variar de acordo com cada espécie. Compreendem-se organismos de dimensões micro capazes de atingir dimensões macroscópicas através de colônias e filamentos, tornando-se visíveis a olho nu, onde infere-se que seu desenvolvimento pode ocorrer em ambientes dulciaquícolas, salícolas e salobros. Tais indivíduos atuam diretamente no processo de ciclagem biogeoquímica de nutrientes e na renovação do oxigênio presente na atmosfera através do processo de fotossíntese, onde, em adesão, constituem também a base da cadeia alimentar em ecossistemas aquáticos em virtude de sua produção primária de matéria orgânica (Nowak; Ziolk, 1999; Lubiana, 2014).

Estimativas apontam que nosso planeta abriga aproximadamente 10 milhões de espécies de microalgas, onde apenas 500.000 dessas espécies são devidamente descritas e catalogadas. No que diz respeito a sua classificação, pontua-se que as microalgas são divididas em 10 grupos, compreendendo as cianobactérias, glaucófitas, rodófitas (algas vermelhas), clorófitas (algas verdes), haptófitas, heterocôntofitas, driptófitas, dinófitas, clorarcnódeos e euglenódeos (Susanti; Taufikurahman, 2021).

Tais organismos podem ser encontrados em diversas localidades do planeta, entretanto, são comumente avistados em ambientes aquáticos, sejam eles de natureza continental ou marinha. Pontua-se em adesão que as microalgas possuem a capacidade de habitar ambientes inóspitos em virtude de sua plasticidade e diversidade morfológica, encontrando-se nos polos, em solos de desertos e até mesmo em fossas termais (Lubiana, 2014).

As microalgas têm sido objeto de interesse excepcional por sua alta capacidade de produção de compostos úteis provenientes de polissacarídeos, proteínas, lipídios e hidrocarbonetos, resultando na biomassa, matéria na qual pode ser utilizada na produção de biocombustíveis, bioinsumos, biofilme, produtos farmacêuticos, corantes alimentares e suplementos nutricionais. Em adesão, determinadas pesquisas apontam que microalgas aquáticas mostram-se úteis para mitigar efeitos da poluição através da captura de dióxido de carbono da atmosfera em sistemas aquáticos, em virtude da deposição de substâncias orgânicas, inorgânicas e materiais pesados (Dias *et al.*, 2019).

As microalgas, ao encontrarem ambientes com condições que favoreçam o seu crescimento e desenvolvimento, reproduzem-se aceleradamente, de modo a promover a formação de um conglomerado de biomassa conhecido como floração, ou “bloom”. Tal fenômeno pode ocorrer por via de uma infinidade de fatores, entretanto, acredita-se que o

mesmo está diretamente relacionado à poluição dos corpos hídricos, proveniente do descarte inadequado de dejetos de origem industrial, agrícola ou doméstica. Em consequência, os resíduos descartados atuam enquanto uma fonte de recursos a serem metabolizados por esses organismos, promovendo a proliferação de microalgas possivelmente tóxicas no local, favorecendo a eutrofização do mesmo (Lubiana, 2014).

Determinados fatores são necessários para que seja possível viabilizar o desenvolvimento das microalgas nos diferentes ambientes, onde o fluxo da água, luz, flutuações de temperatura, salinidade, índices de pH, disponibilidade de oxigênio e nutrientes em adesão aos parâmetros físicos e químicos do ambiente acabam por implicar positivamente ou negativamente na sucessão desses organismos e em sua diversidade em tais locais (Leão, *et al.*, 2008; Mendes, 2013; Susanti; Taufikurahman, 2021).

Neste contexto, a indução ao crescimento de microalgas coletadas em ambiente natural no Mato Grosso do Sul pode subsidiar o estudo de espécies com potencial biotecnológico e ou manutenção de material genético em cepários. A escolha de meios de cultura de fácil acesso e manuseio possibilita que espécies nativas possam ser estudadas ou mantidas em cepários com o objetivo de estudos biotecnológicos e ou ecológicos.

1.1 Objetivo Geral

Determinar o melhor corpo hídrico para coleta de microalgas com potencial biotecnológico definido pelo impulsionamento do crescimento em meio barato à base de adubo NPK.

1.2 Objetivos Específicos

- Enumerar espécies de microalgas coletadas e impulsionadas em NPK de dois rios do bioma Pantanal.
- Determinar os grupos de microalgas originárias do rio Paraguai que crescem em meio de cultura NPK.
- Determinar os grupos de microalgas originárias do rio Salobra que crescem em meio de cultura NPK.

2. Revisão de literatura

Microalgas são microrganismos unicelulares cujos os tamanhos podem variar de acordo com cada espécie, podendo aferir de 20-200 μm (Nowak; Ziolk, 1999). Estas são pertencentes ao grupo taxonômico das algas, e seu desenvolvimento pode ocorrer em ambientes dulciaquícolas, salícolas e salobros, compondo-se de microrganismos algais que possuem organelas de clorofila a, nas quais formam pigmentos responsáveis pela captação da luz e realização da fotossíntese (Nowak; Ziolk, 1999).

As microalgas são extremamente numerosas, estima-se que existam mais de 200.000 espécies conhecidas (Norton *et al.*, 1996;). Estas exercem papéis imensamente importantes na cadeia alimentar, disponibilizando energia, que será transferida para os organismos presentes no ambiente e fornecendo alimento para inúmeras espécies de seres aquáticos, desde plânctons até grandes diversidades de peixes. Ademais, diante da capacidade das microalgas aquáticas de sequestrar CO_2 através da atividade fotossintética, e acumular biomassa de forma rápida e eficiente quando comparada às plantas terrestres (Pienkos; Darzins, 2009) às tornam microrganismos excepcionalmente importantes na produção de oxigênio, sendo responsáveis por aproximadamente 60% da produtividade primária fotossintética da terra e na absorção de dióxido de carbono na atmosfera (Richmond, *et al.*, 2004). O carbono é considerado o macronutriente mais significativo nos cultivos de microalgas, por constituir cerca de 50% da biomassa seca microalgal (Borowitzka; Borowitzka, 1988) sendo que, na maior parte dos casos, todo este carbono é obtido a partir do dióxido de carbono na qual auxilia na regulação da composição química da atmosfera terrestre (Chisti, 2006; 2007).

Diante da captura de dióxido de carbono da atmosfera, microalgas aquáticas mostram-se úteis para mitigar efeitos da poluição em sistemas aquáticos ocasionados por substâncias orgânicas ou inorgânicas e metais pesados (Dias *et al.*, 2019).

2.1 Métodos de análise para identificação.

As microalgas podem ser caracterizadas por meio de parâmetros que permitem sua identificação, quantificação e estudo de suas características biológicas e bioquímicas. Os parâmetros utilizados para realizar a caracterização microalgal podem ser obtidos a partir de:

2.1.1 Morfologia

Métodos morfológicos, em que a aparência e estrutura das células flageladas, divisão celular, presença e caracterização dos envoltórios do cloroplasto e a possível conexão entre o retículo endoplasmático e a membrana nuclear das microalgas pode ser descrita por meio de microscopia óptica ou eletrônica, podendo variar de acordo com a espécie e as condições ambientais em que se desenvolvem (Richmond, 2004).

De acordo com a classificação morfológica as microalgas podem ser procarióticas ou eucarióticas. Em microalgas procarióticas é possível encontrar grupos de Cyanobacterias (Cyanophyta), tais como algas azuis (Lindell, 2014). Enquanto em microalgas eucarióticas pode-se encontrar classes de Bacillariophyceae (diatomáceas), Dinophyceae (dinoflagelados), Prymnesiophyceae (cocolitoforídeos) e Cryptophyceae (criptomônadas), além Prasinophyceae e Chlorophyceae, Ulvophyceae e Klebsormidiophyceae e Zygnematophyceae (algas verdes), (Hoek *et al.*, 1995).

2.1.2 Composição Bioquímica

Para caracterizá-las a partir da composição bioquímica, a utilização de espectroscopia no infravermelho, na qual segundo Leite & Prado (2012) consiste em produzir espectros de absorção para que um feixe de luz na região do infravermelho incida sobre a substância, e determine as frequências absorvidas por ela, com transformada de Fourier, e a termogravimetria na qual consiste em uma técnica termoanalítica, que acompanha o ganho ou perda de massa da amostra em função do tempo ou temperatura (Denari, 2012). São métodos bastante viáveis para contribuir com informações referentes a composição bioquímica microalgal. Os principais compostos que podem ser quantificados incluem proteínas, carboidratos, lipídios e pigmentos (Varandas, 2022). Para isso, as microalgas e cianobactérias devem ser cultivadas em fotobiorreatores cilíndricos de alto desempenho sob condições controladas e a biomassa seca obtida analisada (Fortes, 2015).

2.2 Crescimento e Produtividade

A taxa de crescimento e a produtividade de biomassa microalgal varia de acordo com a especificidade de cada espécie (Richmond, et al., 2004). O crescimento é influenciado por fatores biológicos, na qual estão associados às taxas metabólicas de cada espécie, e fatores

físicos e químicos, que estão relacionados à luz, temperatura, pH, salinidade e disponibilidade de nutrientes (Raven *et al.*, 2004).

A capacidade fotossintética das microalgas pode ser avaliada por meio de medidas de clorofila e de taxas de fotossíntese. De acordo com Hirsch (2012), os organismos fotossintéticos oxigênicos apresentam duas regiões fotossintéticas, conhecidas como fotossistema I e II. Cada um possui eficiência de absorver luz, devido à existência de pigmentos fotorreceptores, como a clorofila-a e pigmentos acessórios, que estão associados a proteínas, formando complexos conhecidos como antenas ou complexos coletores de luz.

Quando os fotossistemas são estimulados, a energia absorvida pelos pigmentos fotorreceptores é transferida até moléculas fotoativas de clorofila-a, que se encontram associadas a proteínas em um microambiente designado centro de reação do fotossistema (Hirsch, 2012).

2.3 Importância Biotecnológica

O interesse em estudar as microalgas tem aumentado devido à sua importância nas diferentes cadeias alimentares e ao potencial de aplicação biotecnológica.

A significativa diversidade biológica, e a conseqüente variação na composição química de biomassa proveniente de culturas de microalgas, juntamente com o uso de técnicas de melhoramento genético e o desenvolvimento de tecnologias de cultivo em larga escala, têm possibilitado a utilização comercial de certas espécies. Assim, o cultivo de microalgas tem sido realizado com o objetivo de produzir biomassa tanto para alimentação quanto para a obtenção de compostos naturais.

Entre os muitos compostos extraídos, ou que possuem potencial para serem explorados comercialmente, podemos citar ácidos graxos poli-insaturados, carotenoides, ficobilinas, polissacarídeos, vitaminas, esteróis e várias substâncias bioativas naturais. Esses elementos são especialmente úteis no desenvolvimento de alimentos funcionais devido às suas propriedades nutricionais e farmacêuticas.

A nível global, o interesse crescente em tecnologias limpas, sustentáveis e orgânicas para a produção de alimentos necessita de buscas por espécies capazes de produzir maiores quantidades de compostos específicos. Além disso, é importante explorar formas de maximizar a biossíntese dessas substâncias por meio de diferentes práticas, como condições de cultivo e

melhoramento genético. Estudos nesse sentido são fundamentais não apenas para identificar os produtos derivados de microalgas, mas também para impulsionar a atividade biotecnológica e desenvolver mercados especializados para esses produtos. (Derner *et al.*, 2006)

2.4 Corpos hídricos e características

O estudo das propriedades físicas, químicas e biológicas da água desempenham um papel importante na compreensão da situação dos corpos de água em relação aos impactos na bacia hidrográfica (Braga; Porto; Tucci, 1999). No contexto da qualidade da água, é fundamental entender que esse termo não se refere apenas à sua pureza para consumo humano, mas também a suas características físicas, químicas e biológicas (Merten; Minella, 2002).

2.4.1 Propriedades Físicas

Dentre as características físicas a serem analisadas, o parâmetro turbidez é definido como a dificuldade da luz para atravessar um líquido. Esse fenômeno ocorre quando há a presença de partículas suspensas na água, e é expresso por unidades de turbidez (Brasil, 2014).

A turbidez é um parâmetro utilizado no controle da poluição da água e na verificação da sua potabilidade. A grande quantidade de sedimentos resulta em uma maior turvação da água, o que prejudica a passagem da luz solar. Esse fenômeno dificulta a ocorrência da fotossíntese pelas plantas aquáticas, ocasionando a morte de organismos em todas as camadas (Barros, 2018).

2.4.2 Propriedades Químicas

A presença de oxigênio dissolvido na água é um indicativo de grande importância para a qualidade, já que quanto maior a concentração, melhor será a condição de vida e a qualidade da água (Silveira, 2007). Quando um corpo de água ganha uma grande quantidade de substâncias ou matéria orgânica, como efluente doméstico, as concentrações de oxigênio dissolvido diminuem, pois os organismos decompositores precisam consumir parte do oxigênio para decompor os poluentes (Farias, 2006).

As variações de pH em águas naturais estão ligadas ao consumo ou produção de dióxido de carbono pelo processo de respiração dos organismos, que podem produzir ácidos orgânicos fracos (Branco, 1986). O pH de um corpo de água também varia de acordo com a região, em

alguns casos, o valor do pH pode refletir as características presentes no solo podendo ser ácido ou alcalino, por onde a água passa (Farias, 2006).

2.4.2.1 Fósforo e nitrogênio

O fósforo e o nitrogênio são fundamentais para o crescimento de todos os seres vivos. O fósforo pode ser classificado em duas categorias, orgânico e inorgânico. Sendo o orgânico completamente solúvel, o que significa que se trata de matéria orgânica dissolvida ou biomassa de microrganismos (Brasil, 2014).

No entanto, apesar de ser um nutriente importante para os processos biológicos, o excesso de fósforo nos esgotos sanitários e efluentes industriais resulta na eutrofização das águas naturais (Barros, 2018).

No estudo do fósforo, a fração mais importante é a solúvel e inorgânica, que pode ser associada pelo crescimento de algas e macrófitas. A presença de fósforo na água está ligada a processos naturais, como a dissolução de rochas, o transporte de solo, a decomposição de matéria orgânica e a chuva, assim como a processos antropogênicos, como o despejo de esgotos, detergentes, fertilizantes e pesticidas (Brasil, 2014).

O nitrogênio é um elemento químico que pode ser encontrado em diferentes formas no ambiente aquático.

O nitrogênio molecular está constantemente sujeito a perdas para a atmosfera. Microalgas possuem a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, o que lhes possibilita crescer quando outras formas de nitrogênio não estão presentes na água (Franco, 2022).

O nitrogênio orgânico é composto por nitrogênio que foi dissolvido na água, em forma de compostos nitrogenados orgânicos (Brasil, 2014).

2.5 Biológicas

As microalgas possuem papel imprescindível no meio aquático, sendo essencial para conversão da matéria presente no corpo hídrico. Estas têm preferências de habitat, e certos grupos são mais abundantes e diversos que outros, dependendo do ambiente em questão.

A produção de matéria orgânica ocorre através da utilização da luz solar, dióxido de carbono e água, por meio de um processo bioquímico conhecido como fotossíntese. A produção primária é uma medida que se refere à captura do carbono presente na atmosfera em uma área determinada. Além do dióxido de carbono que é incorporado na formação da matéria orgânica,

as algas necessitam de outros nutrientes inorgânicos para sintetizar moléculas essenciais para a sua sobrevivência, como nitrogênio, fósforo e outros micronutrientes (Nowak; Ziolk, 1999; Lubiana, 2014).

Neste âmbito, as microalgas desempenham uma função ecológica fundamental na reciclagem de CO₂ e nutrientes presentes nas águas residuais, inclusive dos metais pesados, possibilitando assim a liberação de recursos naturais renováveis no ecossistema.

2.7 Bacias hidrográficas

Uma bacia hidrográfica é um sistema aberto, que troca energia e matéria com ecossistemas terrestres. Ou seja, ela é influenciada por alterações no uso e ocupação do solo (Espíndola *et al.*, 2000). A existência da vegetação desempenha um papel significativo na manutenção das águas superficiais, preservando nascentes e canais até sua foz. Além disso, a vegetação regula os ciclos biológicos das bacias hidrográficas, contribuindo para o funcionamento do ecossistema (Tundisi; Tundisi, 2010).

2.7.1 O Rio Salobra

O Rio Salobra é um dos afluentes do Rio Miranda, um rio de grande relevância ambiental que supre o sul do Pantanal (ICMBIO, 2013 p.20). Durante os períodos chuvosos, a água fica turva devido ao transporte de sedimentos provenientes das montanhas e colinas.

Nessa época, o leito do rio sobe rapidamente devido à concentração de canais tributários no canal principal. No entanto, logo após o término da chuva, a água volta a ficar cristalina, uma vez que os sedimentos e o material em suspensão na água se depositam no leito do canal (Franco, 2022).

O Rio Salobra possui mata ciliar próxima, mas a extensão da vegetação é insuficiente em grande parte dos trechos. Ademais, várias residências e currais estão localizados muito próximos ao curso d'água (Franco, 2022). Segundo Bertini *et al.*, (2015), é conhecido que a remoção da vegetação causa degradação no ambiente e, reduzindo a permanência dos canais fluviais. Também, a existência de extensas áreas cultivadas pode ser responsável por parte da contaminação por agrotóxicos. Por meio da chuva, os materiais são infiltrados no solo e carregados até os corpos d'água, onde se dissolvem.

As águas superficiais geralmente apresentam pH entre 4 e 9, às vezes sendo ligeiramente alcalinas graças à presença de carbonatos, bicarbonatos e silicato. O silicato é um nutriente restritivo nas águas, já que as microalgas o absorvem. A presença deste ocorre devido à intemperização das rochas ou ao lançamento de efluentes no corpo d'água, atuando na cadeia alimentar aquática dos produtores primários (Brigante *et al.*, 2003). Este é o caso do rio Salobra, que apresenta pH mais alcalino por resultado da presença de rochas calcárias da região (Franco, 2022), em virtude disso, leva a precipitação dos nutrientes, tornando suas águas mais transparentes. Com isso contribui para o surgimento de microalgas por sua alta capacidade de penetração de luz. Contudo, decorre uma precipitação dos nutrientes para o fundo do rio, o que levaria a uma água pobre em nutrientes.

2.7.1 O Rio Paraguai

A bacia do Alto Paraguai é formada por outras bacias menores que escoam para o rio Paraguai, seu principal canal de escoamento. Cada bacia é originária de diferentes regiões geológicas e apresentam regimes hidrológicos diferenciados, com isso, atribuindo características físicas, químicas e biológicas diferentes (Calheiros & Ferreira, 1997).

A frequência e intensidade do comportamento do ciclo hidrológico está diretamente ligado ao Rio Paraguai (Calheiros & Ferreira, 1997). Sua litologia é composta por sedimentos aluviais da formação Pantanal, ocorrendo de forma alternada e descontínua em fases argilosas e arenosas (Amaral Filho, 1986).

O ciclo anual de enchentes e estiagens é o fenômeno ecológico mais significativo na planície de inundação do rio, pois influencia sua estrutura e funcionamento, atuando de forma fundamental na ciclagem de nutrientes e na disponibilidade de água, proporcionando um ambiente demasiadamente produtivo principalmente para microalgas aquáticas (Alho *et al.*, 1988; Bayley, 1989; Bonetto *et al.*, 1969).

As oscilações do nível da água e da duração das inundações resultam em diferentes mudanças nas características dos corpos d'água, devido à interação entre o ambiente terrestre e aquático, levando ao aumento ou redução da transparência da água, do pH, condutividade elétrica, concentrações de oxigênio, dióxido de carbono, nutrientes como nitrogênio, carbono e fósforo, e material em suspensão (Calheiros & Ferreira, 1997). De acordo com Tundisi; Matsumura-Tundisi (1985) e Da Silva (1990), essas variações também afetam o ciclo de

nutrientes e a transferência de energia entre os diferentes níveis tróficos, fatores que dividem as interações entre os ambientes terrestre e aquático em áreas alagáveis.

Esses processos resultantes da interação das águas com a vasta área de transição aquática terrestre se repetem rio abaixo, atingindo o Rio Paraguai que funciona como o grande coletor do sistema (Calheiros & Ferreira, 1997).

Conforme as plantas que crescem na fase seca morrem devido à inundação, fornecem nutrientes e sais à água por meio de sua decomposição. Após essa entrada significativa de matéria e energia, ocorre um grande crescimento de macrófitas, que promovem a autodepuração do sistema ao filtrar e incorporar nutrientes (Calheiros & Ferreira, 1997).

À medida que ocorrem as mudanças na dinâmica de matéria e energia, como acontece na bacia do Rio Paraguai, o ambiente se torna favorável para que as microalgas produzam uma grande quantidade de matéria orgânica, fazendo com que ocorra uma maior complexidade na organização (Neiff, 1990).

3. Material e Métodos

3.1. Coleta de material de estudo:

No dia 10 de outubro de 2022, foi coletada uma amostra de aproximadamente 1 litro, à cerca de 30 cm de profundidade em uma região de água corrente apresentando turbidez às margens do Rio Paraguai, cuja coordenada geográfica (19°01'02.9"S, 57°33'13.2"W) pôde ser obtida a partir do aplicativo para dispositivo móvel denominado "Geo Tracker". No local, pode-se caracterizar a vegetação com predominância de macrófitas aquáticas e aguapés, próximos a uma área arenosa (Figura 1).

Figura 1. Ponto de amostragem 1. Rio Paraguai, Ladário, Mato Grosso do Sul.



Fonte: Fotografia de Melissa Anschau.

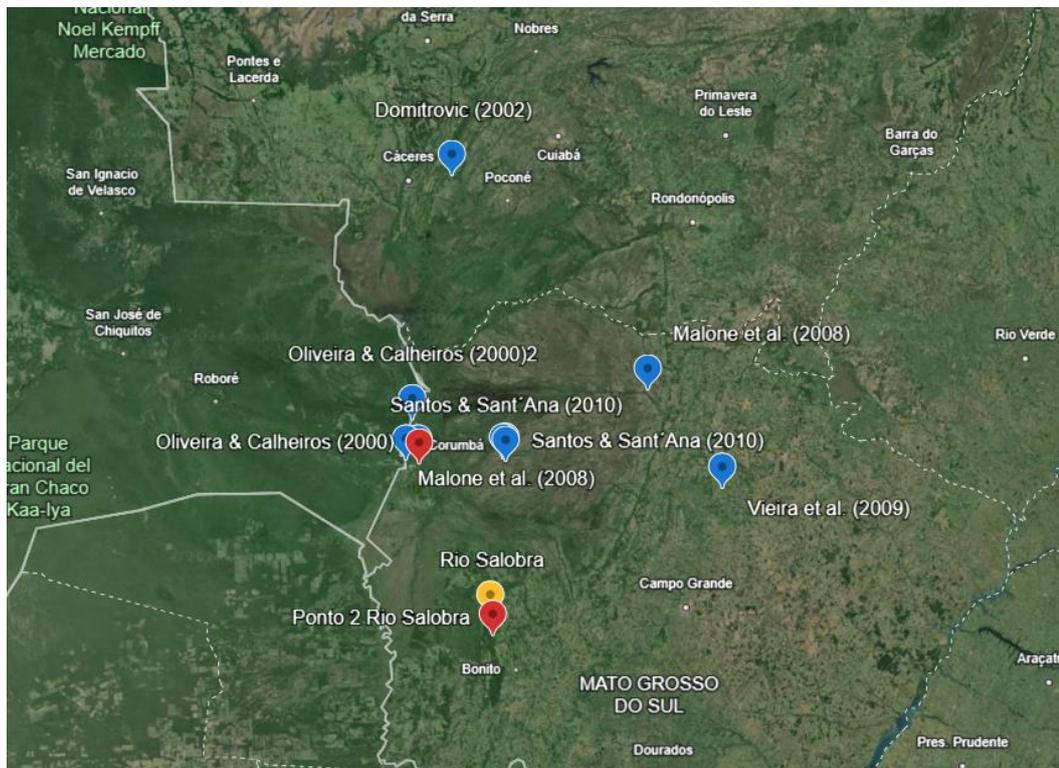
Também foi realizada uma amostragem de aproximadamente 2L na região do Rio Salobra, cujas coordenadas geográficas são S 20 48 22.06 W 56 44 23.85. Neste local, pode-se caracterizar sua vegetação com predominância de brejos inundados, florestas estacionais e ambientes cavernícolas alagados. O local de coleta possui margens íngremes e é o início de um sistema de cânions. Observa-se que a água se apresenta bastante cristalina com um sedimento fino precipitado pelo calcário que é abundante na região (Figura 2).

Figura 2. Ponto de amostragem 2. Rio Salobra, Bodoquena, Mato Grosso do Sul.



Fonte: Fotografia de Marcelo Paz.

Figura 3. Pontos de coleta Rio Paraguai e Rio Salobra, mapa satélite.



Fonte: Google Maps.

3.2. Método de coleta

Para ambas as análises, foram utilizadas garrafas plásticas atreladas a uma corda e arremessadas ao centro dos corpos d'água, sendo esta uma metodologia de coleta simples, onde consiste na retirada da amostra diretamente do local optado após a escolha de um ponto para a coleta do material.

3.3. Tratamento das amostras

As amostras foram transportadas até o laboratório de Biotecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Grande Dourados onde foi iniciado o cultivo em sistema fechado, utilizando luz e compostos orgânicos para seu crescimento.

Para o preparo do meio de cultivo foi utilizado como substrato o fertilizante comercial NPK que possui em sua composição 20% de Nitrogênio na sua forma amoniacal (NH_4), que é menos volátil, 5% de Fósforo na forma de superfosfato simples (P_2O_5) e 20% de Potássio como óxido de potássio (K_2O) na concentração de $0,1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Foram distribuídos em quatro erlenmeyers contendo 100 mL de meio cada. Posteriormente os meios foram levados à autoclave para esterilização dos materiais, após 24 horas do material esterilizado e resfriado em temperatura ambiente, foram inoculados 1000 μL do material coletado de cada ponto amostrado em cada erlenmeyer. As amostras foram acondicionadas em camara de cultivo tipo BOD com luminosidade de x lux e fotoperíodo de 12 horas claro e 12 horas escuro até alcançarem uma maior biomassa algal para a realização das análises qualitativas.

Para a realização das análises foram utilizadas lâminas e lamínulas e aparelho de microscopia óptico em sistema de captura de imagem. As amostras foram avaliadas descrições visíveis de núcleo, estrutura do talo, forma e cor, feitos através das definições retiradas de: Bicudo e Menezes, (2006); Lamparelli *et al.* (2014); Tucci *et al.* (2012); Nery *et al.* (2019).

3.4. Análise da água

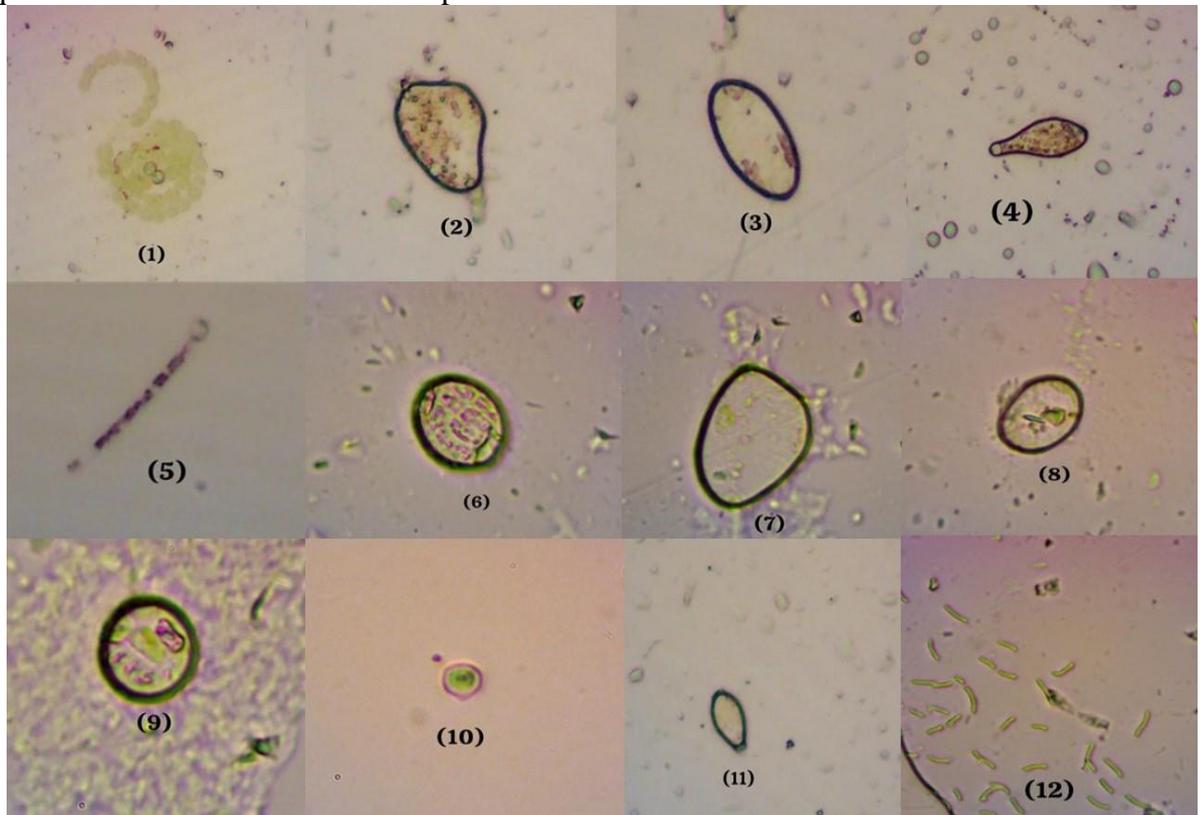
Foram analisados os parâmetros abióticos: pH, salinidade expressa em, condutividade e turbidez com um medidor digital da marca Aiqinhai, fabricado na China, dos pontos de coleta e do meio de cultura preparado.

4. Resultados e discussão

4.1 Famílias encontradas

A partir das coletas originárias do Rio Paraguai, mostradas nas Figuras 4 e 5, foram alcançados 15 táxons, sendo 1 não identificada; 1 definido pelo gênero *Characiopsis*; e 14 classificados em nível de família. Foram encontrados 3 indivíduos provenientes da família Merismopediaceae; 2 da família Scenedesmaceae; 2 da família Synechococcaceae; 2 da família Radiococcaceae; 1 da família Aphanizomenonaceae; 1 da família Nostocaceae; 1 da família Oscillatoriaceae; 1 da família Chlorellaceae; e 1 da família Phacaceae.

Figura 4. Imagens em microscopia óptica de espécies de microalgas nativas de ambiente dulciaquícola com crescimento induzido por NPK.



Legenda: Famílias oriundas do Rio Paraguai. (1) Família Aphanizomenonaceae; (2) Família Radiococcaceae; (3) Família Scenedesmaceae; (4) Espécie não identificada; (5) Família Nostocaceae; (6) Família Radiococcaceae; (7) Família Merismopediaceae; (8) Família Merismopediaceae; (9) Família Merismopediaceae; (10) Família Synechococcaceae; (11) Gênero *Characiopsis*; (12) Família Synechococcaceae.

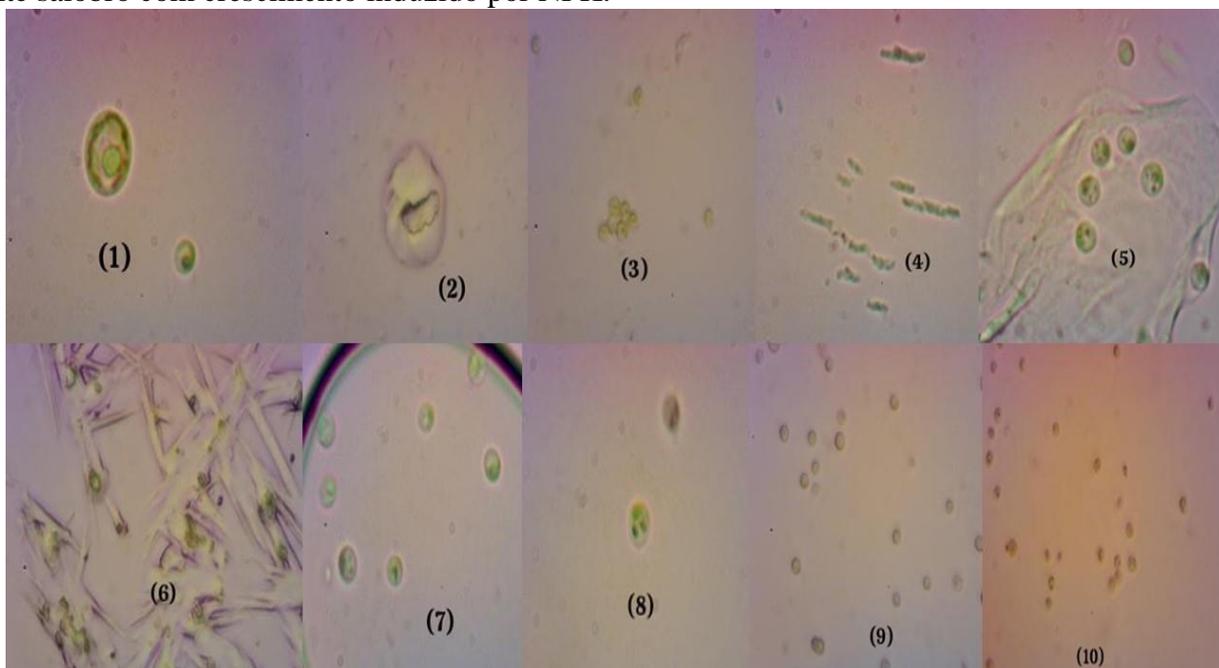
Figura 5. Imagens em microscopia óptica de espécies de microalgas nativas de ambiente dulciaquícola com crescimento induzido por NPK.



Legenda: Famílias oriundas do Rio Paraguai. (13) Família Oscillatoriaceae; (14) Família Scenedesmaceae; (15) Família Chlorellaceae; (16) Família Phacaceae.

Enquanto das coletas obtidas do Rio Salobra, verificou-se 10 táxons, sendo os 10 também classificados em nível de família. Foram observados 5 indivíduos da família Chlorellaceae; 2 da família Merismopediaceae; 1 da família Oocystaceae; 1 da família Aphanothecaceae; e 1 da família Synechococcaceae (Figura 6).

Figura 6. Imagens em microscopia óptica de espécies de microalgas nativas de ambiente salobro com crescimento induzido por NPK.



Legenda: Famílias oriundas do Rio Salobra. (1) Família Chlorellaceae; (2) Família Oocystaceae; (3) Família Chlorellaceae; (4) Família Synechococcaceae; (5) Família Chlorellaceae; (6) Família Chlorellaceae; (7) Família Chlorellaceae; (8) Família Chlorellaceae; (9) Família Merismopediaceae; (10) Família Merismopediaceae.

Com a análise dos morfotipos encontrados nos dois rios constatou-se que o rio Paraguai apresenta maior potencial como fonte de coleta de microalgas de potencial biotecnológico, já que apresenta maior diversidade de crescimento de microalgas após impulsionamento do crescimento com NPK sendo, assim, uma boa fonte de possibilidades para seleção desses microrganismos.

O ponto de coleta de material do rio Paraguai é muito mais distante da nascente do que o rio Salobra, com mais de 1.000 km percorridos desde sua nascente contra um total de 117 km da sua nascente à foz deste segundo rio. Outro diferencial do rio Paraguai que justifica a maior diversidade de morfotipos encontrados é que este rio recebe muitos afluentes e tem um regime de cheias e vazantes que carrega muita matéria orgânica para sua calha, resultando num ambiente mais propício para a proliferação de diferentes espécies de microalgas. Já o rio Salobra, além de ser muito mais curto, não recebe muitos afluentes e, o fato de passar por terreno rico em calcário, provoca a precipitação de muitos compostos levantando a hipótese de que se torna menos “nutritivo” para as microalgas, resultando num ambiente mais restritivo, portanto menos diverso.

4.2 Caracterização das águas

Os resultados observados demonstraram que os valores de pH obtiveram pouca variação, Rio Paraguai indicando 7,93, e Rio Salobra 7,19, considerados levemente alcalinos para ambas as amostragens (Tabela 1).

Segundo CONAMA n.º 357/05 os valores de pH para todas as classes de qualidade de água doce devem variar entre 6 e 9.; Salinidade, sendo Rio Paraguai inferior a 0,5‰ e Rio Salobra sendo superior a 0,5‰ e inferior a 30‰, ambos os corpos hídricos mostrando-se dentro dos limites estabelecidos segundo a resolução CONAMA, 357/2005 que diz sobre a classificação e diretrizes ambientais de águas superficiais, e estabelece condições e padrões de sistemas aquáticos.; $\mu\text{S}/\text{cm}$, foram observadas diferenças entre a condutividade dos ambientes das amostras, Rio Paraguai apresentando 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto o Rio Salobra apresentando 337 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) utiliza-se como referencial 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo este classificado como um valor padrão, enquanto ambientes com condutividade elétrica acima desse valor são considerados afetados. Este parâmetro apresentado acima do número referenciado, pode indicar fontes de degradação de qualidade da água, provocadas por efluentes domésticos, industriais, resíduos provenientes da agricultura e pelo escoamento superficial (CETESB, 2009).; Ppm, neste parâmetro foi obtido o

valor de 23 Ppm para o Rio Paraguai, e 168 Ppm para a amostra realizada no Rio Salobra. Portanto, a água encontra-se dentro dos padrões permitidos, em vista que, a resolução de nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente estabelece como valor máximo permitido 1000 Ppm.

Tabela 1. Parâmetros abióticos: das amostragens. 1) pH; 2) Salinidade; 3) $\mu\text{S}/\text{cm}$ - Condutividade; 4) Turbidez. Ppm- Parte por milhão.

Parâmetros	Rio Paraguai	Rio Salobra
1-pH	7,93	7,19
2-Salinidade	0,02	0,16
3- $\mu\text{S}/\text{cm}$	46	337
4-Turbidez Ppm	23	168

A amostragem coletada do Rio Salobra mostrou menos diversidade morfológica quando comparada à amostra do Rio Paraguai. Segundo os dados levantados, este se deve em decorrência dos valores alterados da condutividade elétrica analisada em sua amostragem, onde pode indicar maior grau de fontes de degradação da qualidade da água, podendo ser provocadas por despejo de efluentes, resíduos provenientes de defensivos agrícolas, escoamento superficial, ausência de vegetação em suas margens, entre outros impactos causados. Outro fator determinante a ser ponderado mostra-se em virtude da maior alcalinidade das águas calcárias do Rio Salobra, na qual precipita sua matéria orgânica tornando-a assim desprovida de grande parte dos nutrientes necessários para alcançar uma maior diversidade de microalgas.

5. Conclusão

De acordo com o levantamento dos dados e a comparação das características físicas, químicas e biológicas de ambos corpos hídricos, conclui-se que o melhor local de coleta das amostras com potencial de aplicação biotecnológica o Rio Paraguai, visto que, as informações microscópicas coletadas apresentaram maior variedade de morfotipos, e suas águas suprem as necessidades nutricionais necessárias para o desenvolvimento de uma maior diversidade de microalgas.

Referências

- BARROS, A. Planejamento do meio físico ambiental na área de alimentação de nascentes da bacia do Córrego Guanandy em Aquidauana-MS. 2018. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2018.
- BAYLEY, P.B. Aquatic environments in the Amazon Basin, with an analysis of carbon sources, fish production, and yield. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 106, p. 399-408, 1989.
- BERTINI, M.A.; FUSHITA, A. T; LIMA, M. I. S. Vegetation coverage in hydrographic basins in the central region of the State of São Paulo, Brazil. Brazilian Journal of Biology, v. 75, p. 709-717, 2015.
- BICUDO, C.E; MENEZES, M. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil, chave para identificação e descrições. 2 ed . São Carlos, 2006.
- BONETTO, A. A. *et al.* Ciclos hidrológicos del río Paraná y las poblaciones de peces contenidas en las cuencas temporarias de su valle de inundación. Physis, v. 29, n. 78, p. 213-223, 1969.
- BOROWITZKA, M.A, BOROWITZKA, L. 1988. Micro-algal Biotechnology. 1 ed, Cambridge University Press, 477 p
- BRAGA J.R., B. P.F.; PORTO, M.F.A.; TUCCI, C.E.M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação, 1999.
- BRANCO, S. M. Hidrologia aplicada à engenharia sanitária. 3a ed. São Paulo. CETESB/ACATESB. 1986. 640p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília: Funasa, 2014. 112p.
- BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 Conselho Nacional de Meio Ambiente. BRIGANTE, J. *et al.* Caracterização física, química e biológica da água do rio Mogi-Guaçu. Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi Guaçu, 2003.
- CABEÇADAS, L. GALERIA VIRTUAL DE FITOPLÂNCTON DE ÁGUA DOCE, 2013
- CALHEIROS, D. F., FERREIRA, C. J. A. Alteracoes limnologicas no Rio Paraguai ("dequada") e o fenomeno natural de mortandade de peixes no Pantanal Mato-Grossense-MS. 1996.
- CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. Biotechnology advances, v. 25, n. 3, p. 294-306, 2007.
- CHISTI, Y. MICROALGAE AS SUSTAINABLE CELL FACTORIES. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ), v. 5, n. 3, 2006.
- DA SILVA, C.J.. Influencia da variacao do nivel d'agua sobre a estrutura e funcionamento de uma area alagavel do Pantanal Mato-Grossense-Pantanal de Barao de Melgaco, Municipio de Santo Antonio de Leverger e Barao de Melgaco, MT. UFSCar, 1990.
- DA SILVA, W. M.; DE RUSSO GODOY, F. M. <i>Check-list</i> das espécies de Fitoplâncton do estado do Mato Grosso do Sul. Iheringia, Série Botânica., [S. l.], v. 73, p. 219–230, 2018. DOI: 10.21826/2446-8231201873s219. Disponível em: <https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/699>. Acesso em: 7 mar. 2024.
- DENARI, G.B., CAVALHEIRO, É.T.G. Princípios e aplicações de análise térmica. São Carlos:

IQSC, p. 40, 2012.

DE-LAMONICA-FREIRE, E.M; HECKMAN, C.W. A sucessão sazonal de comunidades bióticas em zonas úmidas da zona climática tropical úmida e seca: III. As comunidades de algas no Pantanal de Mato Grosso, Brasil, com uma lista abrangente das espécies conhecidas e revisão de dois táxons de Desmid. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, v. 2, pág. 253-280, 1996.

DERNER, R.B *et al.* Microalgas, produtos e aplicações. *Ciência Rural*, v. 36, p. 1959-1967, 2006.

DIAS, G. *et al.* Biorremediação de efluentes por meio da aplicação de microalgas-uma revisão. *Química Nova*, v. 42, p. 891-899, 2019.

ESPÍNDOLA, E. L. G. *et al.* A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar. 2000.

FARIAS, M. S. S. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande- PB. 136p.

FORTES, M. M. Fotobiorreatores para o cultivo de microalgas destinadas á produção de Biodisel. Defesa D.sc., Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2015.

FRANCO, D. E. B. L. Qualidade da água superficial e aspectos do sistema ambiental da bacia hidrográfica do rio Salobra, Serra da Bodoquena-MS. 2022.

HIRSCH, B. A. Performance fotossintética de microalgas marinhas pertencentes a diferentes grupos taxonômicos. 2012.

HOEK, C; MANN, D; JAHNS, H. M. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge university press, 1995.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Parque Nacional da Serra da Bodoquena. Brasília: ICMBio, 2013. 50 p.

LACHER, T. E.; GONÇALVES, H. C. Environmental degradation in the Pantanal ecosystem. *Bioscience*, v. 38, n. 3, p. 164-171, 1988.

LAMPARELLI, M. C. *et al.* Atlas de cianobactérias da bacia do Alto Tietê. 2014.

LEÃO, B. M. *et al.* Ecologia do microfítotoplâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 22, p. 711-722, 2008.

LEITE, D. O; PRADO, R. J. Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, 2012.

LINDELL, D. *The Genus Prochlorococcus*, Phylum Cyanobacteria. 2014

LUBIANA, K. M. F. Microalgas: ecologia, biodiversidade e importância. IV Botânica no Inverno, n. July 2014, 2014;

MENDES, R.C. Diversidade e Abundância de Algas Verdes (chlorophyta) na Lagoa do Japiim, Manaus-Am. In: II Congresso de Iniciação Científica PIBIC/CNPq-PAIC/FAPEAM. 2013.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável*, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

- NEIFF, J.J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia*, v. 15, n. 6, p. 424-441, 1990.
- NERY *et al.* Cianobactérias no Semiárido: Guia Ilustrado. 1. ed. INSA, 2019. P. 5 -104.
- NORTON, T.A. *et al.* Algal biodiversity. *Phycologia*, n.35, p.308–326, 1996.
- NOWAK, I; ZIOLEK, M. Niobium compounds: preparation, characterization, and application in heterogeneous catalysis. *Chemical Reviews*, v. 99, n. 12, p. 3603-3624, 1999.
- PIENKOS, P T.; DARZINS, A.L. The promise and challenges of microalgal-derived biofuels. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining: Innovation for a sustainable economy*, v. 3, n. 4, p. 431-440, 2009
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. 7ª ed. Rio de Janeiro: RICHMOND, Amos *et al.* (Ed.). *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*. Oxford: Blackwell science, 2004.
- RICHMOND, A. *et al.* (Ed.). *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*. Oxford: Blackwell science, 2004.
- ROCHE, K.F; FERREIRA, M.G.A; CALHEIROS, D.F. Influence of nutrient levels, travel time and light availability on phytoplankton chlorophyll-a concentrations in a neotropical river basin. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 34, p. e18, 2022
- SILVEIRA, T. Análise físico-química da água da Bacia do Rio Cabelo-João Pessoa-PB. II Jornada Nacional da Produção Científica em Educação Profissional e Tecnológica, 2007.
- SUSANTI, H; TAUFIKURAHMAN, T. *Microalgae Biodiversity and Applications*. International Conference on Universal wellbeing. Indonésia, 2021.
- TUCCI, A. *et al.* Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras. Instituto de Botânica: São Paulo, Brazil, 2012.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Pantanal wetlands at western brazil. *Limnological Studies in Central Brazil: Rio Doce Valley Lakes and Pantanal Wetland*, 1985.
- TUNDISI, J. G; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. *Biota Neotropica*, v. 10, p. 67-75, 2010.
- VARANDAS, R.C. R. *et al.* Cultivo de microalgas em meios alternativos: extração de compostos bioativos de interesse à indústria de alimentos. 2022.
- ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y. Structure and variation of the Paraguay River phytoplankton in two periods of its hydrological cycle. *Hydrobiologia*, v. 472, p. 177-196, 2002.