



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Departamento de Ciências Ambientais
CURSO DE BACHARELADO EM
GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL
Rod. Washington Luís, Km. 235 – Cx.
Postal. 676
CEP: 13565-905 – São Carlos – SP –
Fone: (016) 3351-9776



**CONTAMINANTE EMERGENTE: INVESTIGAÇÃO DA ATENUAÇÃO
NO CRESCIMENTO DA MACRÓFITA AQUÁTICA (*RICCIOCARPUS
NATANS*) EXPOSTA AO SURFACTANTE**

Aluno: Jesuino Souza Araújo

Orientador: Prof. Dr. Irineu Bianchini Júnior

SÃO CARLOS - SP

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE BACHARELADO EM GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL

**CONTAMINANTE EMERGENTE: INVESTIGAÇÃO DA ATENUAÇÃO
NO CRESCIMENTO DA MACRÓFITA AQUÁTICA (*RICCIOCARPUS*
NATANS) EXPOSTA AO SURFACTANTE**

Nome do Aluno: Jesuino Souza Araújo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Gestão e Análise Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Irineu Bianchini Júnior

SÃO CARLOS - SP
2022

**CONTAMINANTE EMERGENTE: INVESTIGAÇÃO DA ATENUAÇÃO
NO CRESCIMENTO DA MACRÓFITA AQUÁTICA (*RICCIOCARPUS
NATANS*) EXPOSTA AO SURFACTANTE**

JESUINO SOUZA ARAÚJO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 28 de abril de 2022 ao Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Gestão e Análise Ambiental.



.....
Irineu Bianchini Júnior

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a você que dedicará seu tempo na leitura deste trabalho. Agradeço, não por costume, mas por necessidade espiritual a Deus por ter dado forças, saúde, paciência, esforço e superação na realização, e por ter movido tantas pessoas para me ajudar, seria injusto em não reconhecer a abnegação de todo(a)s. Em nome das turmas pelas quais passei durante o curso, agradeço nas seguintes pessoas: Irene, Josmila, Flávia e Larissa, melhor expressão de companheirismo e incentivo, além dos momentos singulares no *campus*.

Ao corpo docente preciso enaltecer por departamentos (DECiv, DCAM, DHb, DL, DEP, DB, DQ e DEs), todos acolhedores e seriam bem representados pelos seguintes: Marcel Okamoto, Luciano Elsinor, Renata Bovo, Sônia Buck, Marco Batalha, Érica Pugliesi, Frederico Yuri, entre outro(a)s. Agradeço os funcionários da SIn, da Limpeza, da BCo, do RU, da Segurança, da PU, da DiGRA, da Portaria e tantos outros, que de tão discretos passam anônimos; mas, desempenham funções imprescindíveis para o funcionamento e viabilidade dos cursos da UFSCar; para nomear alguns representantes especiais: Anderson e Regina. Ainda na esfera acadêmica, agradeço e dedico este trabalho às pessoas mais pacientes, humanas, que conheci: Irineu Bianchini Júnior e Marcela Bianchessi da Cunha Santino; agradeço a orientação direta (Irineu) e ajudadora da Marcela.

No seio da família, agradeço a todo(a)s por terem participado da minha vida, especialmente: Zé, Tó, Má, Moça, Tavinha, primo(a)s, cunhado(a)s, Jef, Davi, Maria Paula, Tonho, Alex, Karine, Miguel, Nando, Fran, Rosaninha e Duda.

Finalizo agradecendo aos que fazem parte da minha alma, dos meus problemas, da minha versão mais difícil, os donos de todo meu esforço e responsáveis pelas minhas alegrias e forças (Mãe – Lalá, Zomar, Fia, Guinho, meus filhos - Miguel e Sófocles, minha ajudadora e razão do meu amor e afeto, esposa – Luzmarina, minha neta – Valentina e minha nora Camila). Aos demais que não foram mencionados, peço desculpas e sintam-se representados nas pessoas citadas anteriormente, pois vocês têm ligação com alguma; como é o caso de vocês: André, Bruno, Daniel, Bia, Juliano, Lene, Kleber, Bárbara, Guh e demais... Finalmente, volto para agradecer a você que leu até aqui e, provavelmente, não foi citado(a).

RESUMO:

Motivado pelos impactos ambientais que os contaminantes emergentes podem causar nos ecossistemas, especialmente nos corpos hídricos, este trabalho investigou a alteração do crescimento da *Ricciocarpus natans* quando exposta ao surfactante dodecil sulfato de sódio (DSS). Para tanto, foi realizado ensaio com 40 indivíduos de tamanhos iniciais equivalentes, divididos em quatro grupos de 10 indivíduos (20 mantidos na condição controle e 20 em meio contendo surfactante). Após coletados os exemplares de *R. natans* foram lavados e distribuídos em quatro béqueres preenchidos com água (≈ 200 ml) coletada no reservatório do Monjolinho. Dois béqueres foram destinados ao grupo controle e dois com a adição de $1,4 \text{ mg L}^{-1}$ de DSS; na sequência foram acondicionados em câmara de germinação a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 h claro/12 h escuro. O experimento consistiu em medir o comprimento dos indivíduos durante 10 semanas. Com a variação temporal do comprimento dos exemplares de *R. natans* foi ajustado ao modelo exponencial. Comparando-se os tempos de duplicação observou-se que o grupo controle foi 45,5 dias ($\mu = 0,0153 \text{ dia}^{-1}$) e para o tratamento com DSS foi 73,7 dias ($\mu = 0,0094 \text{ dia}^{-1}$), i.e., os crescimentos foram 1,6 vezes maiores no tratamento controle. Ao comparar a variação temporal do comprimento dos exemplares de *R. natans*, houve diferença significativa entre os dois tratamentos ($p < 0,05$). Seguindo a premissa de que o surfactante tem ação inibidora do crescimento de macrófitas, trazendo influência negativa do contaminante sobre a coeficiente de crescimento de *R. natans*; as análises dos resultados apontaram, ainda, que ocorreu redução do crescimento a partir da primeira semana de experimento. O uso e descarte indiscriminados de compostos com surfactantes emitem um alerta para a sociedade em geral, governos e legisladores em particular, bem como para as academias e empresas no enfrentamento ao problema; com legislações pertinentes, financiamentos, pesquisas e sensibilização social.

Palavras-chave: modelo matemático, corpos hídricos, contaminante, dodecil sulfato de sódio, crescimento.

ABSTRACT:

Motivated by the environmental impacts that emerging contaminants can cause in ecosystems, especially in water bodies, this study investigated the change in the growth of *Ricciocarpus natans* when exposed to the surfactant sodium dodecyl sulfate (SDS). For this purpose, bioassays were carried out with 40 individuals of equivalent initial sizes, divided into four groups of 10 individuals (20 maintained in the control condition and 20 in a medium containing surfactant). After collected, the specimens of *R. natans* were washed and distributed in four beakers filled with water (≈ 200 ml) collected in the Monjolinho reservoir. Two beakers were designed for the control group and two with the addition of $1,4 \text{ mg L}^{-1}$ of DSS; then they were placed in a germination chamber at $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and photoperiod of 12 h light/12 h dark. The experiment consisted of measuring the length of individuals for 10 weeks. With the temporal variation of the length of the specimens of *R. natans*, it was adjusted to the exponential model. Comparing the doubling times, it was observed that the control group was 45.5 days ($\mu = 0.0153 \text{ day}^{-1}$) and for the treatment with DSS it was 73.7 days ($\mu = 0.0094 \text{ day}^{-1}$) i.e., the growths were 1.6 times greater in the control treatment. When comparing the temporal variation of the length of *R. natans*, there was a significant difference between the two treatments ($p < 0.05$). Following the premise that the surfactant has an inhibitory action on the growth of macrophytes, bringing a negative influence of the contaminant on the growth coefficient of *R. natans*; the analysis of the results also showed that there was a reduction in growth from the first week of the experiment. The indiscriminate use and disposal of compounds with surfactants sends an alert to society in general, governments and legislators, as well as to academia and companies in tackling the problem, with relevant legislation, funding, research, and social awareness.

Keywords: mathematical model, water bodies, contaminant, sodium dodecyl sulfate, growth.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Gerais.....	2
2.1. Específicos.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. Contaminantes emergentes.....	3
3.2. Surfactantes e macrófitas aquáticas.....	4
3.3. Serviços ecossistêmicos	6
3.4. Descrição da macrófita aquática utilizada nos bioensaios de crescimento.....	7
4. METODOLOGIA.....	8
4.1. Descrição das partes do estudo.....	8
4.2. Experimento de crescimento de <i>Ricciocarpus natans</i>	9
4.2.1. Área de coleta de material.....	9
4.2.2. Materiais utilizados na execução dos experimentos.....	10
4.2.3. Procedimento experimental.....	10
4.2.4. Forma de análise dos dados.....	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
6. CONCLUSÕES.....	17
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

1. INTRODUÇÃO

A relação humana com o mundo natural foi definitivamente transformada com o desenvolvimento da indústria química, gerando uma sociedade dependente de produtos sintéticos (GARCIA-JOHNSON, 1998). Todavia, os esforços no desenvolvimento destes, não foram acompanhados de uma preocupação, análise e viabilidade sob o aspecto ambiental, resultando em uma contaminação de todos os compartimentos do planeta (solo, água e ar), sendo verificada e corroborada em diversos estudos (JARDIM, 1998; BUZELLI & CUNHA-SANTINO, 2013; LUO et al., 2014; MONTAGNER et al., 2017).

A água, em especial, é o receptor, reservatório e condutor mais importante dessa contaminação, pois durante seu ciclo interage com os demais compartimentos (TUNDISI, 2006); além disso, é suporte direto da biota aquática e indireto das demais formas de vida. Dessa forma, a gestão dos recursos hídricos é um fator essencial ao desenvolvimento social, econômico e ambiental (TUNDISI, 2016), especialmente neste século XXI, em que os usos múltiplos se acentuam e adicionam pressões sobre a quantidade e qualidade da água (ANA, 2022), comprometendo as bacias hidrográficas, direta e proporcionalmente, de acordo com o nível e característica da antropização da região na qual está situada, ou seja, cada forma de uso e ocupação do espaço contribui com impactos distintos à bacia hidrográfica associada, toda forma de impacto negativo (físico, químico ou biológico), compromete o equilíbrio ecossistêmico do corpo hídrico (LANNA, 2008).

Nas últimas décadas, o impacto negativo proveniente de contaminantes de difícil degradação/assimilação tem despertado o interesse e motivado pesquisadores na produção de trabalhos relacionados aos contaminantes emergentes (CE) ou contaminantes de preocupação emergente (CEC, do inglês: *Contaminants of Emerging*

Concern), trazendo luz ao problema ambiental causado pela produção, uso e descarte inadequado destes produtos químicos capazes de interferir na fisiologia de organismos vivos e por serem identificados recentemente, considerando o tempo decorrido e a variedade de compostos desenvolvidos, é imperativa a necessidade de realização de mais estudos voltados ao tema.

O alerta de Rachel Carson, apresentado em sua obra intitulada “Primavera Silenciosa” de 1962 (CARSON, 1969), que tratou das ameaças dos contaminantes ao meio ambiente, ecoa nas agendas ambientais atuais; entretanto, o silêncio de hoje está na ausência de legislação, na carência de estudos em maior escala e na falta de mais trabalhos ratificadores da ação dos CE, da necessidade em reunir e interpretar distintas formas de coletas amostrais e técnicas analíticas adotadas ao longo do tempo sobre a biota aquática e, desta, para toda a cadeia trófica (WILKINSON et al., 2022).

A manutenção da biodiversidade está fortemente ligada à disponibilidade da água em qualidade e quantidade, de modo que as condições naturais e as alterações antrópicas capazes de interferir no desenvolvimento da biota devem ser investigadas (TUNDISI, 2021). Sob este marco teórico, o presente estudo realizou uma pesquisa bibliográfica sobre os surfactantes, além de analisar a ação do surfactante dodecil sulfato de sódio (DSS) sobre o desenvolvimento da macrófita aquática (*Ricciocarpus natans*).

Por hipótese, nesse estudo considera-se que ocorrerão variações na cinética de crescimento da *Ricciocarpus natans* na presença do surfactante dodecil sulfato de sódio e, que estas variações levarão a diminuirão dos coeficientes de crescimento.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar o efeito do surfactante DSS no crescimento da *Ricciocarpus natans* por meio da parametrização do crescimento.

2.2. Específicos

(i) Realizar pesquisa bibliográfica sobre os surfactantes e os efeitos nas macrófitas nos ambientes aquáticos continentais; (ii) Coletar e registrar dados de aferição do tamanho dos indivíduos de *R. natans* submetidos a dois tratamentos (controle e com adição de DSS); (iii) Parametrizar o crescimento de *R. natans* por meio da modelagem na presença do surfactante dodecil sulfato de sódio; (iv) Comparar estatisticamente o crescimento de *R. natans* submetidos a dois tratamentos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Contaminantes emergentes

Contaminação é a presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização deste recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico (Resolução CONAMA nº 420, 2009). O termo emergente, não está relacionado com novidade e sim com a inquietação trazida a partir do conhecimento sobre os impactos negativos sobre a saúde humana e ambiental.

Contaminantes Emergentes (CE) ou Contaminantes de Preocupação Emergente, do inglês *Contaminants of Emerging Concern* (CEC), passaram a ser conhecidos e estudados na década de 1980 (SAUVE & DESROSIERS, 2014); são possíveis substâncias tóxicas que possuem efeitos poucos conhecidos no meio ambiente, razão pela qual não estão incluídas no programa de monitoramento da qualidade da água e nas normas ou legislações de controle ambiental, como pesticidas, medicamentos,

cosméticos e produtos de higiene pessoal (MOREIRA et al., 2013). Os CE apresentam origem antropogênica, sendo comumente encontrados em resíduos de efluentes domésticos e industriais (PETRIE et al., 2015).

Pela grande quantidade de contaminantes emergentes presentes atualmente, esses compostos se tornaram um grande desafio para as agências ambientais reguladoras. Na Europa, cerca de 700 substâncias presentes nos ambientes aquáticos foram categorizadas em 20 classes (GEISSEN et al., 2015). Dentre os vários exemplos de contaminantes emergentes citam-se: pesticidas, fármacos, surfactantes, hormônios e drogas ilícitas (GIL et al., 2012).

Apesar dos avanços tecnológicos para identificação e análise destes contaminantes, estima-se que, ainda, há muitos a serem identificados, tanto nos compartimentos ambientais (solo, ar e água) como em tecidos biológicos. Outra questão importante é sobre seu destino e comportamento no ambiente, uma vez que oferece ameaça à saúde ambiental e humana. Assim, busca-se entender a ação ecotoxicológica de alguns CE, inclusive quanto aos efeitos sobre o sistema endócrino. Outro problema associado com os CE é sua persistência no ambiente, i.e., são substâncias de difícil e lenta degradação e muitas vezes requerem técnicas avançadas para serem identificados e tratados. Salienta-se que nenhuma das técnicas é utilizada em tratamentos convencionais, como por exemplo, no caso das águas continentais (METCALFE et al., 2003; GAGNÉ et al., 2006).

3.2. Surfactantes e as macrófitas aquáticas

Surfactantes ou tensoativos são produtos químicos com moléculas constituídas, concomitantemente, por grupos: polares hidrófilos (cabeça) e apolares hidrófobos (cauda), tais características conferem aos surfactantes a capacidade em conciliar fases

imiscíveis; viabilizando seu uso como espuma, emulsão, microemulsão, formação de filmes líquidos e suspensão. São classificados de acordo com o grau de ionização apresentado na solução aquosa (DALTIM, 2011).

A produção mundial por surfactantes, segundo apontamento do relatório da IHS Markit Ltd (provedora de serviços de informação), foi de aproximadamente 15,6 milhões de toneladas em 2014 e de quase 17 milhões de toneladas em 2018 com crescimento projetado de 2,6% para os próximos cinco anos; prospecções de relatórios de outras empresas apontam um mercado avaliado em USD 37,75 bilhões em 2021 com estimativa de atingir US\$ 47 bilhões em 2026 (Market Data Forecast), além dessas informações, verificou-se que a pandemia da Covid-19 impactou positivamente o mercado de surfatantes, pois cuidados com a limpeza foram intensificados. Sob o ponto de vista ambiental, o impacto sobre os ecossistemas é negativo, especialmente sobre os corpos hídricos.

Segundo Ferreira & Graça (2002) o uso de macrófitas em estudos de fitotoxicidade é aconselhável, uma vez que ensaios em laboratório com esses organismos são fáceis de serem mantidos e diferentes respostas fisiológicas podem ser avaliadas. Os surfactantes são absorvidos pelas raízes ou pela superfície foliar, esses compostos tóxicos podem causar o retardamento no crescimento, podem afetar o alongamento das raízes, diminuir a eficiência fotossintética e inibir o crescimento dos tubos polínicos (BHAIRI & MOHAN, 2007). Contudo, estudos mostraram que a exposição da planta ao dodecil sulfato de sódio induz a uma melhoria nos níveis de enzimas antioxidantes e compostos fenólicos envolvidos no sistema de desintoxicação de macrófitas aquáticas, melhorando assim a sua tolerância a compostos possivelmente tóxicos (FORNI et al., 2012). Na região Neotropical, existe uma grande diversidade de macrófitas aquáticas (CHAMBERS et al., 2008), estando esses vegetais sujeitos as

ações diretas dos CE, como o DDS. Estudos sobre a ação dos surfactantes em macrófitas sugerem inibição no crescimento desses organismos aquáticos (OSTROUMOV, 2006). A tolerância ao DSS de *Azolla filiculoides* e de *Lemna minor* indicou que a presença do detergente no meio afetou mais o crescimento do que o teor de clorofila, sendo que a *L. minor* foi mais tolerante ao DSS do que *A. filiculoides*; nesse caso a briófito apresentou melhor capacidade de remover e acumular o poluente (FORNI et al., 2008).

No Brasil, a legislação que define os limites de substâncias tensas ativas que reagem com o azul de metileno, é a Resolução CONAMA nº 357 (2005), na qual os limites toleráveis para águas doces de Classe 1, 2 e 3 é 0,5 mg LAS L⁻¹. Esta resolução não indica padrões de máximos de surfactantes aniônicos em efluentes, bem como não há esta definição na Resolução CONAMA nº 430 (2011); no entanto, esta legislação cita, no Artigo 5º, Parágrafo 2º, que para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias e na ausência de metas intermediárias progressivas, os padrões de qualidade a serem obedecidos no corpo receptor são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

3.3. Serviços ecossistêmicos

Os serviços ecossistêmicos (SEs) foram definidos para promover o bem-estar dos seres humanos e das atividades econômicas (MEA, 2005; IPEA, 2010); essa definição tem tomado contornos de sobrevivência, pois a própria classificação dos SEs, demonstra sua relevância para a manutenção da vida humana. A classificação mais comum dos SEs baseia-se na Divisão de Estatística das Nações Unidas, é relevante no contexto da contabilidade ambiental, para manter um sistema de classificação e valoração comuns no planeta (PRADO, 2014), é fundamental para subsidiar ações

governamentais e demais partes interessadas. Há esforços também na Agência Europeia do Meio Ambiente por meio da Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos (CICES).

3.4. Descrição da macrófita aquática utilizada nos bioensaios de crescimento

As briófitas são organismos conspícuos da comunidade de macrófitas aquáticas dos ambientes de águas continentais. Esses vegetais são considerados excelentes indicadores de uma ampla gama de contaminantes, apresentando as seguintes vantagens em experimentos de fitorremediação: (i) absorção contínua de elementos da água através de toda a superfície da planta; (ii) ampla tolerância a um amplo espectro de contaminantes (e.g., metais); (iii) habilidade de reagir rapidamente às mudanças na qualidade da água; (iv) formam populações homogêneas, mostrando metabolismo ativo ao longo do ano. Por apresentarem habilidade em acumular ou mesmo responder sensivelmente aos estressores ambientais, as briófitas são utilizadas como indicadores de qualidade da água (ZECHMEISTER et al., 2003).

Ricciocarpus natans (L.) Corda é uma hepática aquática da família Ricciaceae (Ordem Marchantiales) e apresenta distribuição cosmopolita. Sua presença foi observada em diferentes regiões climáticas: Canadá (STEERE, 1951), Chile (CUVERTINO et al., 2005), Venezuela (RIAL & CARLOS, 1998), Paquistão (MARWAT et al., 2011), Dinamarca (ODGAARD, 1977) e Brasil (BIOLO & RODRIGUES, 2013). Possui hábito flutuante, podendo estar associada a outras macrófitas devido ao seu pequeno tamanho (POTT & POTT, 2000) que pode alcançar até 1,0 cm de comprimento (WFO, 2022). Apresenta reprodução vegetativa pela bifurcação do ápice em crescimento (RIAL & CARLOS, 1998) e por esporos (POTT & POTT, 2000). Apresenta sulco muito pronunciado em toda a extensão, dividindo-se

próximo ao ápice (WFO, 2022). Apresenta escamas ventrais (DEMARCHI et al., 2018), o lado superior é levemente granuloso, com numerosos poros que permitem as trocas gasosas, enquanto o lado inferior apresenta muitos rizoides com função de absorção (RUIZ, 2008).

4. METODOLOGIA

4.1. Descrição das partes do estudo

Diante da necessidade em atingir os objetivos gerais, as atividades desenvolvidas nesse estudo consideraram: (i) revisão bibliográfica (parte teórica) e (ii) execução de experimentos de crescimento de *R. natans* (parte experimental).

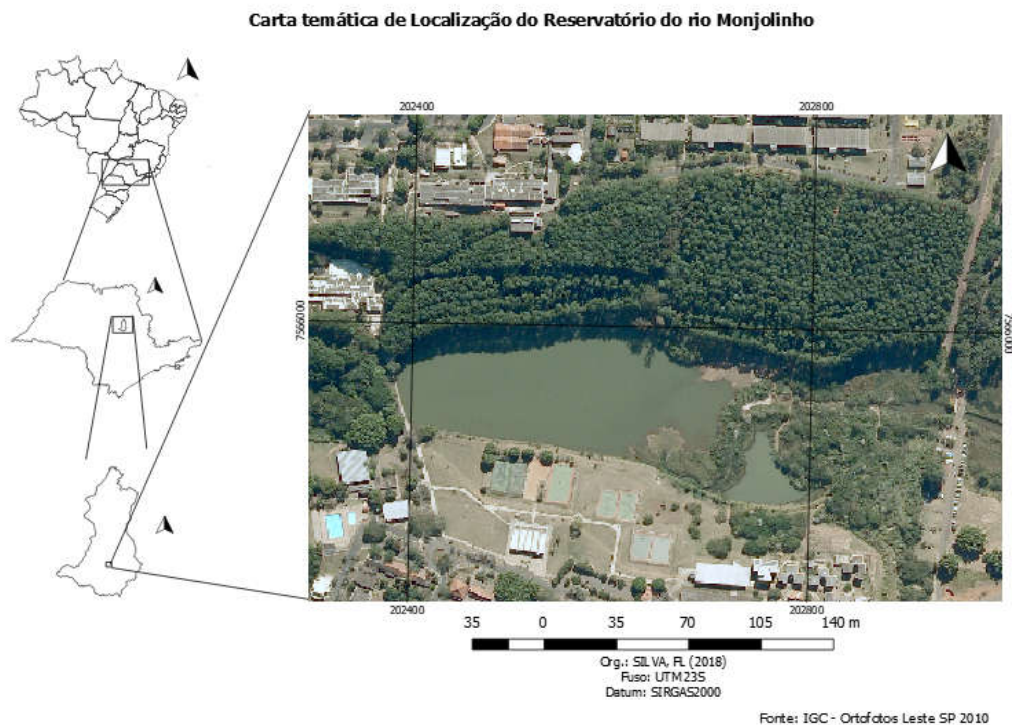
Para o desenvolvimento teórico desse estudo foi adotada uma metodologia de desenvolvimento descritiva e bibliográfica, com pesquisa pela literatura existente acerca dos surfactantes e macrófitas aquáticas. Preliminarmente, fez-se a consulta no Google Scholar, obtendo-se uma relação de textos, possibilitando a criação de um banco de dados relacionados ao tema. Posteriormente, fez-se uma busca direcionada aos indexadores mais comuns: SciELO, Web of Science, Scopus, Portal de Periódicos da CAPES e SEER UFRGS. Com os resultados obtidos do cruzamento dos recursos citados, procedeu-se ao refinamento, com a seguinte ordem de prioridade: estratificação na lista QUALIS-CAPES (quando aplicável), artigos internacionais, teses e dissertações, livros, artigos nacionais e publicações em anais. Superada esta fase, os trabalhos foram selecionados ou descartados através de critérios de inclusão e exclusão (convergência com o tema, abrangência dos assuntos, relevância), após a leitura dos resumos ou prefácios, os mais importantes para o desenvolvimento do trabalho foram fichados e lidos integralmente.

4.2. Experimento de crescimento de *Ricciocarpus natans*

4.2.1. Área de coleta de material

Para a realização dos experimentos que compõem esse estudo, realizaram-se coletas de indivíduos de *Ricciocarpus natans* em tanque de cultivo (Jardim Experimental do Departamento de Botânica, UFSCar) e de amostras de água do reservatório do rio Monjolinho (22° 00' S e 47° 54' O). O reservatório localiza-se no campus da Universidade Federal de São Carlos (São Carlos, SP; Figura 1). Normalmente as águas desse reservatório encontram-se em conformidade com os indicadores utilizados na legislação; no entanto, o índice de estado trófico caracteriza esse ambiente como eutrófico (Santos et al., 2011).

Figura 1: Mapa do reservatório do Monjolinho



Fonte: Elaborado por Fábio Leandro da Silva (2018).

4.2.2. Materiais utilizados na execução dos experimentos

Os materiais utilizados para a realização da parte experimental estão listados a seguir:

- Béquero de borosilicato (volume = 250 ml)
- Biomassa fresca de macrófitas (indivíduos): n = 10 para cada tratamento
- Amostra de água do reservatório
- Régua/paquímetro
- Pinça
- Placa de Petri
- Reagente específico (contaminante surfactante)
- Papel de filtro absorvente
- Balança analítica
- Luvas de látex

4.2.3. Procedimento experimental

As coletas de amostras de água foram realizadas manualmente na zona litorânea do reservatório do Monjolinho (Figura 1) a 15 cm de profundidade, com auxílio de um frasco de poliestireno (Capacidade: 5,0 L).

Após a coleta dos exemplares de *R. natans*, no laboratório, os indivíduos foram classificados por estágio de crescimento (i.e. indivíduos com medidas similares) e na sequência, foram cuidadosamente lavados com água corrente e com água destilada, para a remoção de partículas aderidas.

Os bioensaios seguiram os procedimentos utilizados por GIMENES et al. (2020). Para cada tratamento proposto, os bioensaios foram preparados em réplicas. Em cada béquer (Figura 2) foram adicionados 10 exemplares de macrófitas no meio aquoso a ser testado: (i) controle: apenas amostra água do ambiente e (ii) DSS (1,4 mg L⁻¹; Figura 3). Os béqueres foram incubados em câmara de germinação em condições

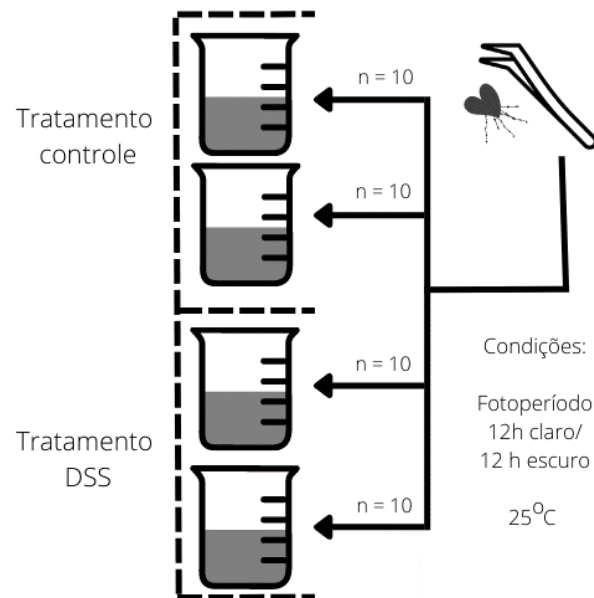
controladas (25°C e $\text{RFA} = 47,25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) com um regime de luz de 12/12 h (claro e escuro).

Figura 2: Exemplar de *R. natans* utilizado nos experimentos de crescimento (esquerda) e bioensaio de crescimento (direita)



Foto: Marcela Bianchessi da Cunha-Santino.

Figura 3: Esquema dos tratamentos para avaliar o crescimento de *R. natans*



Elaborado por Marcela Bianchessi da Cunha-Santino.

Durante 64 dias (com periodicidade semanal) foram determinados os comprimentos (cm) dos indivíduos de *R. natans* em cada tratamento (Controle e DSS). As aferições de comprimento foram determinadas em cm, com o auxílio de paquímetro. As estimativas das incertezas de medição foram baseadas no cálculo de desvio padrão da reprodutibilidade dos ensaios efetuados (ISO, 2019).

4.2.4. Forma de análise dos dados

Para a descrição do crescimento foi selecionado o modelo exponencial (Equação 1):

$$\frac{dN}{dt} = \mu \times N \quad (1)$$

A integração analítica da Equação 1 resulta em (Equação 2):

$$N = N_0 \times e^{\mu \times t} \quad (2)$$

em que: N = comprimento total; N_0 = comprimento inicial; μ = coeficiente de crescimento (dia^{-1}); t = tempo (d).

O tempo de duplicação (t_d) das culturas foram calculados pela Equação 3 (MITCHELL & TUR, 1975).

$$t_d = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (3)$$

O modelo foi parametrizado a partir das variações temporais de comprimento (cm), com regressão não linear; para tanto, foi utilizado o algoritmo iterativo de Levenberg-Marquadt (PRESS et al., 2007).

Após a execução do procedimento experimental, os resultados obtidos (comprimento) foram tabelados de acordo com os tratamentos aplicados: (i) controle e (ii) com adição de DSS. Os comprimentos de *R. natans* foram acumulados em função do tempo de exposição (64 dias). A análise dos resultados foi realizada tendo em vista identificar se houve influência das concentrações de DSS sobre o crescimento e

reprodução da *R. natans*. Para tanto, realizou-se um teste de normalidade, para verificar se houve distribuição normal com os resultados obtidos, seguido por um Teste t, para examinar se existiu diferença significativa entre os tratamentos (considerando $p < 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

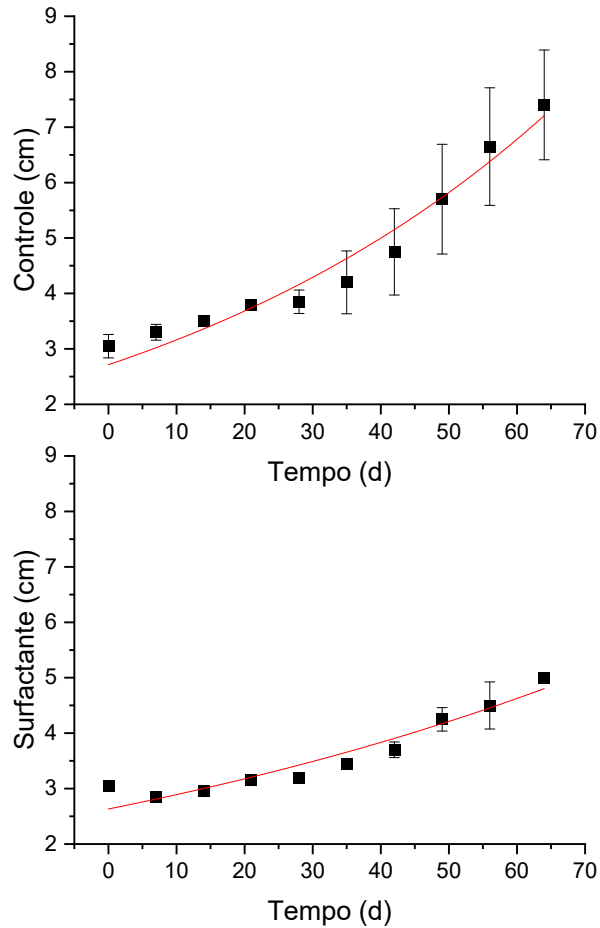
As variações temporais do crescimento acumulado de *R. natans* (medido pelo comprimento) podem ser observadas na Figura 4. Pode-se observar o ajuste cinético função dos dois tratamentos: (i) controle (acima) e (ii) com adição de DSS (abaixo). A parametrização do modelo logístico é indicada na Tabela 1.

Tabela 1: Parametrização do modelo logístico no crescimento de *Ricciocarpus natans* em dois tratamentos: (i) Controle e (ii) com adição de dodecil sulfato de sódio (DSS)

Tratamento	Coefficiente de crescimento (μ em dia^{-1})	Tempo de duplicação (td em dias)	Coefficiente de determinação (r^2)
Controle	0,0153	45,5	0,96
DSS (1,4 mg L^{-1})	0,0094	73,7	0,92

Verificou-se que a cultura do tratamento controle (somente com amostra de água do reservatório) apresentou, após 64 dias, coeficiente de crescimento = $0,0153 \text{ dia}^{-1}$, equivalente ao tempo de duplicação (td) da biomassa de 45,5 dias. Por sua vez, a cultura com DSS apresentou $\mu = 0,0094 \text{ d}^{-1}$, equivalente a $td = 73,7$ dias. O modelo exponencial representou adequadamente o crescimento de *R. natans*. O crescimento em condição controle apresentou coeficiente de determinação (r^2) de 0,96 e com DSS de 0,92. Em média, os crescimentos foram 1,6 vezes maiores no tratamento controle. Ao comparar a variação temporal do comprimento dos exemplares de *R. natans*, houve diferença significativa entre os dois tratamentos ($p < 0,05$).

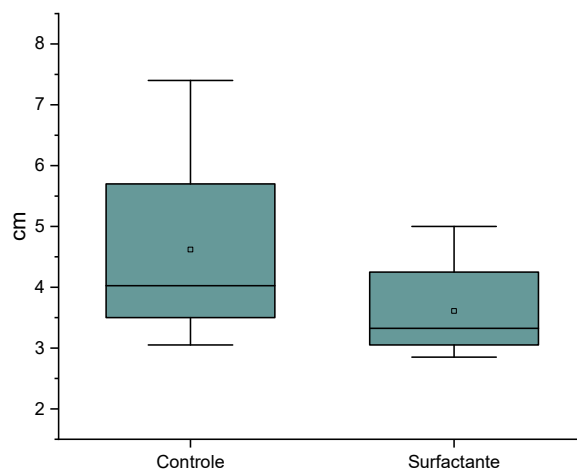
Figura 4: Variação temporal do crescimento de *Ricciocarpus natans* em condições controladas, em meio controle (acima) e o tratamento com adição de SDD (abaixo)



Fonte: Elaboração própria (2022)

Os comprimentos médios de *R. natans*, obtidos durante o experimento de crescimento, sem a adição do DSS (tratamento controle), apresentaram maior variabilidade em comparação com as submetidas ao surfactante, como pode ser verificado pelo intervalo interquartil e mediana nos gráficos de caixa (Figura 5).

Figura 5: Diagrama de caixa da variação média de comprimento dos indivíduos de *Ricciocarpus natans* submetidos ao tratamento controle e com adição de surfactante (Dodecil sulfato de sódio)



Fonte: Elaboração própria (2022).

As briófitas são organismos da comunidade de macrófitas aquáticas dos ambientes de águas continentais. Esses vegetais são considerados excelentes indicadores de uma ampla gama de contaminantes, apresentando vantagens em seu uso em experimentos ecotoxicológicos, i.e., a absorção contínua de elementos da água através de toda a superfície da planta e habilidade de reagir rapidamente às mudanças na qualidade da água. Por acumular ou mesmo responder sensivelmente aos estressores ambientais, como os CE, as briófitas são utilizadas como indicadores de qualidade da água (ZECHMEISTER et al., 2003).

No tratamento com DSS, o surfactante interferiu negativamente no crescimento da *Ricciocarpus natans*. A variação temporal dos comprimentos acumulados evidenciou a redução do crescimento após sete dias de experimento. Diversos estudos apontam

mudanças fisiológicas e morfológicas em macrófitas submetidas ao meio contaminado com surfactantes. Os efeitos do DSS sobre a macrófita aquática *Potamogeton crispus* foram avaliados e concentrações na faixa de 83 a 133 mg DDS L⁻¹ causaram fragmentação dos caules das plantas (SOLOMONOVA & OSTROUMOV, 2007). Ainda, estudos de produtos contendo surfactantes em meio com *Elodea canadensis* demonstrou que o detergente produziu influência negativa sobre as macrófitas nas concentrações de 50 a 150 mg L⁻¹, i.e., 5–15 vol % (OSTROUMOV & SOLOMONOVA, 2013).

A presença de macrófitas aquáticas em meio com DSS diminuiu a concentração do tensoativo sintético na água, sugerindo que o uso de plantas aquáticas é promissor para o desenvolvimento da fitotecnologia de purificação de água. Esses resultados demonstraram também a tolerância das macrófitas ao DSS (LAZAREVA & OSTROUMOV, 2009).

Os efeitos ecológicos dos tensoativos lineares de álcool etoxilado foram avaliados em mesocosmos com *Myriophyllum aquaticum*, sendo que, não foram observados efeitos significativos até a maior concentração (5,15 mg L⁻¹) testada (DORN et al., 1997). As concentrações de DSS (8,0 mg L⁻¹) reduziu o número de brotos em *Chara* sp. e *E. densa* mantidas em microcosmos (WANDERLEY et al., 2021).

Os surfactantes sintéticos são componentes essenciais dos detergentes comerciais. Os organismos são afetados pela ação dos surfactantes; portanto, há a necessidade de estimar a resistência das macrófitas a esses poluentes. O produto Frosch-Tide, embora classificado como um detergente ecológico, apresentou alta toxicidade para *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Chara fragilis* e *Callitriche palustres* (POKLONOV et al., 2021).

Outros CE foram utilizados em bioensaios com *R. natans* utilizando o modelo logístico na parametrização do crescimento. Os valores de μ variaram de 0,027 dia⁻¹ a 0,035 dia⁻¹ no tratamento controle, pois quando houve a adição da Calda Bordalesa no meio de crescimento, os exemplares de *R. natans* entraram em senescência e morreram. A presença do fungicida em contato com as macrófitas aquáticas apresentou efeito negativo tanto na produção primária, quanto na reprodução de *R. natans* mantidos nos bioensaios com a Calda Bordalesa (ZAGO, 2021). Os μ de *R. natans* obtidos com medidas de comprimento variaram de 0,007 dia⁻¹ (16 °C) a 0,008 dia⁻¹ (23 °C) no tratamento controle, também utilizando água do reservatório do Monjolinho. Quando *R. natans* foi mantida em meios com metilparabeno (0,040% e 0,80%), os indivíduos de *R. natans* entraram em senescência após a terceira semana experimental (SANCHEZ, 2020), mostrando os efeitos ecotoxicológicos desse conservante. O crescimento de *R. natans*, em bioensaios contendo parasiticida para aquicultura ornamental (com a presença do sulfato de cobre na formulação), não apresentou inibição do crescimento das macrófitas (FRANCO, 2019). A presença de fármacos ativos, como o diclofenaco resinato, o paracetamol e a dipirona monoidratada, causou danos no desenvolvimento e crescimento de *R. natans*, gerando inibição do crescimento, alterações morfológicas e fisiológicas, clorose, vulnerabilidade e morte do organismo (TRIQUES, 2017).

6. CONCLUSÕES

De acordo com os parâmetros analisados e as técnicas experimentais adotadas, há evidências de que a espécie *Ricciocarpus natans*, na presença do surfactante DSS, sofre inibição de crescimento. O tratamento com adição de DSS provocou menor desenvolvimento dos indivíduos amostrados; em contrapartida, os indivíduos do grupo controle apresentaram um tempo de duplicação menor, demonstrando que há evidências

do potencial alelopático e inibidor do surfactante. Visto que os vegetais constituem as bases das cadeias tróficas, a ação antrópica de uso e descarte indiscriminados de produtos com surfactante em sua formulação apresentam-se como alerta ambiental, diante de ecossistemas sensíveis, integrados, apresentando múltiplas interações com os diversos compartimentos. A sociedade, os governos, empresas e legisladores devem considerar a racionalidade na difusão e uso desses produtos, bem como atenção aos níveis, pois o estudo aponta evidências de que mesmo em baixíssima concentração causa interferência no sistema de crescimento da macrófita selecionada, para, além disso, outra preocupação cabível é a mobilidade dos contaminantes nos corpos hídricos.

Do ponto de vista dos serviços ecossistêmicos, pode-se concluir que *R. natans* e demais macrófitas podem atuar benéficamente em vários ecossistemas de água doce; contudo, muitas vezes há subestimativa da diversidade de serviços promovidos pelas plantas aquáticas, pois atuam diretamente como abrigo para espécies, servem de alimento e ainda podem ser usadas em fitorremediação. Trabalhos futuros poderão refinar mais as análises, incluir outros tratamentos com diferentes temperaturas, reconhecer a potencialidade dessas plantas em constituir barreira física contra resíduos, bem como verificar respostas das macrófitas frente à presença de surfactantes associados a outras variáveis abióticas.

Os resultados e conclusões desse estudo apontam ainda para: (i) a legislação atual, pois os tensoativos podem atuar de forma distinta sobre os ecossistemas; (ii) o desenvolvimento metodológico dos testes ecotoxicológicos, para melhor interpretação, divulgação e validação dos resultados junto às partes interessadas; (iii) um trabalho de conversão de resíduos dos surfactantes sintéticos; (iv) a educação ambiental sobre o tema; (v) o desenvolvimento de procedimentos suplementares aos já realizados nas estações de tratamento de esgotos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Água Superficial. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-superficial>> Acesso em: 11 março 2022.

BIOLO, S.; RODRIGUES, L. Structure of the periphytic algae associated with a floating macrophyte in an open lake on the upper Paraná river floodplain, Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 35, n. 4, p. 513-519, 2013.

BHAIRI, S. M.; MOHAN, C. **Calbiochem® Detergents. A guide to the properties and uses of detergents in biology and biochemistry**. 2007. 43 f. Merck Chemicals, Darmstadt, 2007.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357 de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 27 de Março de 2015.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 420 de 28 de Dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2017/09/resolucao-conama-420-2009-gerenciamento-de-acs.pdf>>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430 de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 27 de Março de 2015.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1969. 305 p.

CHAMBERS, P. A.; LACOUL, P.; MURPHY, K. J.; THOMAZ, S. M.; LACOUL, P. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 9-26, 2008.

CUVERTINO, J.; ROJAS, G.; HAUENSTEIN, E.; PEÑA-CORTÉS, F.; GONZÁLEZ, M. *Ricciocarpus natans* (L.) Corda (Marchantiophyta - Ricciaceae), en lagunas costeras del centro-sur de Chile. **Noticiario Mensual, Museo Nacional de Historia Natural (Chile)**, v. 355, p. 16-18, 2005.

DALTIN, D. **Tensoativos: química, propriedades e aplicações**. São Paulo: Blücher, 2011. 330 p.

DEMARCHI, L. O.; LOPES, A. FERREIRA, A. B.; PIEDADE, M. T. F. **Ecologia e guia de identificação: macrófitas aquáticas do Lago Amazônico**. Manaus: Editora INPA. 2018. 44 p.

DORN, P. B.; RODGERS JR., J. H.; GILLESPIE JR., W. B.; LIZOTTE JR., R. E.; DUNN, A. W. The effects of a C12–13 linear alcohol ethoxylate surfactant on periphyton, macrophytes, invertebrates and fish in stream mesocosms. **Environmental Toxicology**, v. 16, n. 8, p. 1634-1645, 1997.

FERREIRA, R. C. F.; GRAÇA, M. A. S. A Comparative study of the sensitivity of selected aquatic plants. **Limnetica**, v. 21, n. 1, p.129-134, 2002.

FORNI, C.; GIORDANI, F.; PINTORE, M.; CAMPANELLA, L. Effects of sodium dodecyl sulphate on the aquatic macrophytes *Azolla* and *Lemna*. **Plant Biosystems**, v. 142, n. 3, p. 665–668, 2008.

FORNI, C. et al. Stress responses of duckweed (*Lemna minor* L.) and water velvet (*Azolla filiculoides* Lam.) to anionic surfactant sodium-dodecyl-sulphate (SDS). **Aquatic toxicology**, v. 110, p. 107-113, 2012.

FRANCO, F. D. **O efeito de fármacos de piscicultura ornamental sob o desenvolvimento da macrófita *Ricciocarpus natans***. 2019. 21 f. Monografia – Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2019.

GAGNÉ, F.; BLAISE, C.; ANDRÉ, C. Occurrence of pharmaceutical products in a municipal effluent and toxicity to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocytes. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.64, n. 3, p. 329-336, 2006.

GIL, M. J.; SOTO, A. M.; USMA, J. I.; GUTIÉRRE, O. D. Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. **Producción + Limpia**, v. 7, n. 2, p. 52-73, 2012.

GEISSEN, V.; MOL, H.; KLUMPP, E.; UMLAUF, G.; NADAL, M.; VAN DER PLOEG, VAN DE ZEE, S. E. A. T. M.; RITSEMA, C. J. Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 3, n. 1, p. 57-65, 2015.

GIMENES, L. L. S.; FRESCHI, G. P. G.; BIANCHINI JR., I.; CUNHA-SANTINO M. B. Growth of the aquatic macrophyte *Ricciocarpos natans* (L.) Corda in different temperatures and in distinct concentrations of aluminum and manganese. **Aquatic Toxicology**, v. 224, 105484, 2020.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. O estado da biodiversidade – Biomas brasileiros. In: **Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano**. Brasília: Ipea. v. 7. p. 77-129, 2010.

JARDIM, W. F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 21, n. 5, p. 671-673, 1998.

GARCIA-JOHNSON, R-R. **Exporting and importing environmentalism: industry and the transnational dissemination of ideology from The United States to Brazil and México**. 1998. 317 f. Tese - Michigan: University (Michigan ProQuest Dissertations Publishing, 9825222), 1998.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. EN ISO 19036. Microbiology of the food chain - Estimation of measurement uncertainty for quantitative determinations, 2019.

LAZAREVA, E. V., OSTROUMOV, S. A. Accelerated decrease in surfactant concentration in the water of a microcosm in the presence of plants: Innovations for phytotechnology. **Doklady Biological Sciences**, v 425, n. 6, p. 180-182, 2009.

LANNA, A. E. A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 113-130, 2008.

LUO, Y.; GUO, W.; NGO, H.H.; NGHIEM, L.D.; HAI, F.I.; ZHANG, J.; LIANG, S.; WANG, X.C. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. **The Science of the Total Environment**, v. 473-474, p. 619-641, 2014.

MARWAT, S. K.; KHAN, M. A.; UR-REHMAN, F.; AHMAD, M.; ZAFAR, M. Biodiversity and importance of floating weeds of Dara Ismail, Khan District of KPK, Pakistan. **African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines**, v. 8, 5 Suppl, p. 97-107, 2011.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: Synthesis**. Washington: Island Press, 2005. 137 p.

METCALFE, C. D.; MIAO, X.-S.; KOENIG, B. G.; STRUGER, J. Distribution of acidic and neutral drugs in surface waters near sewage treatment plants in the lower Great Lakes, Canada. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 22, n. 12, p. 2811-2889, 2003.

MITCHELL, D. S.; TUR, N. M. The rate growth of *Salvinia molesta* (*S. auriculata* auct.) in laboratory and natural conditions. **Journal of Applied Ecology**, v. 12, n. 1, p. 213–225, 1975.

MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, v. 40, n. 9, p. 1094-1110, 2017.

MOREIRA, J. C., GONÇALVES, E. S., BERETA, M. Contaminantes emergentes. **Revista Química Industrial**, v. 738, n. 1, p. 4-13, 2013.

ODGAARD, B. *Ricciocarpus natans* (L.) Corda i Danmark. **Lindbergia**, v. 4, n. 1/2, p. 166, 1977.

OSTROUMOV, S. A. **Biological effects of surfactants**. Boca Raton: CRC Press, 2006. 300 p.

OSTROUMOV, S. A.; SOLOMONOVA, E. A. Phytotoxicity of a surfactant-containing product towards macrophytes. **Russian Journal of General Chemistry**, v. 83, n. 1, p. 2614-2617, 2013.

PETRIE, B.; BARDEN, R.; KASPRZYK-HORDERN, B. A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. **Water Research**, 72, p. 3-27, 2015.

POKLONOV, V. A.; GLEBOV, V. V.; ASKAROVA, D. A.; EROFEEVA, V. V.; ANIKINA, E. V. Study of the toxicity of synthetic surfactant-containing composite detergents on plant hydrobionts under laboratory conditions. **Russian Journal of General Chemistry**, v. 91, p. 2908–2916, 2021.

POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000. 404 p.

PRADO, R. B. Serviços ecossistêmicos e ambientais na agropecuária. In: PALHARES, J. C. P.; GEBLER, L. (eds.). **Gestão ambiental na agropecuária**. Brasília: Embrapa, p. 413-456, 2014.

PRESS, W. H.; TEUKOLSKY, S. A.; VETTERLING, W. T.; FLANNERY, B. P. **Numerical Recipes in C: the art of scientific computing**. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 1256 p.

RIAL, B.; CARLOS, A. L. *Ricciocarpus natans* (L.) corda (Ricciaceae) in Venezuela: taxonomical and habitat observations. **Memoria Sociedad de Ciencias Naturales La Salle**, LVIII, n. 149, p. 85-88, 1998.

RUIZ, A. M. *Ricciocarpus natans* (Marchantiophyta), una hepática acuática en México. **ContactoS**, v.70, p. 67–70, 2008.

SANCHES, J. R. **Análise de toxicidade do metilparabeno no crescimento do *Ricciocarpus natans* sob diferentes concentrações e temperaturas**. 2020. 38 f. Monografia - Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2020.

SANTOS, M. G.; CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR., I. Alterações espaciais e temporais de variáveis limnológicas do reservatório do Monjolinho (*Campus* da UFSCar). **Oecologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 682-696, 2011.

SAUVÉ, S.; DESROSIERS, M. A review of what is an emerging contaminant. **Chemistry Central Journal**, v. 8, n. 1 (15), p. 1-7, 2014.

SOLOMONOVA, E.A.; OSTROUMOV, S. A. Tolerance of an aquatic macrophyte *Potamogeton crispus* L. to sodium dodecyl sulphate. **Moscow University Biological Sciences Bulletin**, v. 62, p. 176-179, 2007.

STEERE, W. C. On the occurrence of *Ricciocarpus natans* in Northern Canada. **The Bryologist**, v. 54, n. 3, p. 207, 1951.

TRIQUES, M. C. **Análise do efeito de fármacos no crescimento de *Ricciocarpus natans***. 2017. 25 f. Monografia – Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. São Carlos, 2017.

TUNDISI, J. E. M. **Indicadores da qualidade da bacia hidrográfica para gestão integrada dos recursos hídricos. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Médio Tocantins (TO)**. 152 f. Tese - Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2006.

TUNDISI, J. G. Governança da água. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 222-235, 2016.

TUNDISI, J. G. **O planeta está morrendo**. São Carlos: IIE/ Editora Scienza. 2021. 28 p.

WANDERLEY, E. L.; BIANCHINI JR., I.; CUNHA-SANTINO, M B. Surfactant and temperature as forcing functions on the growth of *Egeria densa* and *Chara* sp.: a modeling approach. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 26145-26153, 2021.

WFO - THE WORLD FLORA ONLINE. *Ricciocarpos natans* (L.) Corda. Published on the Internet; <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0001196734>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

WILKINSON, J. L. et al. Pharmaceutical pollution of the world's rivers. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 119, n. 8, p. 1-10, 2022.

ZAGO, C. F. S. **Ação de um fungicida cúprico no crescimento de uma macrófita aquática flutuante**. 2021. 30 f. Monografia - Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2021.

ZECHMEISTER, H. G.; GRODZIŃSKA, K.; SZAREK-ŁUKASZEWSKA, G. Bryophytes. In: MARKERT, B. A.; BREURE, A. M.; ZECHMEISTER, H. G. (eds.). **Bi indicators & Biomonitoring: principles, concepts and applications**. Amsterdam: Elsevier, p. 239-376, 2003.