

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

JULIA ROMANO SANCHES

Análise de toxicidade do metilparabeno no crescimento do *Ricciocarpus natans* sob diferentes concentrações e temperaturas

SÃO CARLOS - SP
2020

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

Análise de toxicidade do metilparabeno no crescimento do *Ricciocarpus natans* sob diferentes concentrações e temperaturas

Aluna: Julia Romano Sanches

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.

Orientadora: Marcela Bianchessi da Cunha Santino

SÃO CARLOS - SP
2020

Análise de toxicidade do metilparabeno no crescimento do *Ricciocarpus natans* sob diferentes concentrações e temperaturas

JULIA ROMANO SANCHES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 17 de dezembro de 2020 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.

.....
Marcela Bianchessi da Cunha Santino

“O ambiente é o que somos em nós mesmos. Nós e o ambiente somos dois processos diferentes; nós somos o ambiente e o ambiente somos nós.”

Jiddu Krishnamurti

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Dr^a. Marcela Bianchessi da Cunha Santino, por ter sido minha orientadora e ter desempenhado tal função com tamanha dedicação.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP; processo 2019/17859-0), pela confiança em meu trabalho ao financiar esta pesquisa.

Agradeço à Universidade Federal de São Carlos e todos àqueles que dela fazem parte, especialmente aos professores do Departamento de Ciências Ambientais, por me permitirem concluir com êxito esta formação.

Agradeço aos meus pais, Bianca Ferrares Romano Sanches e Ronaldo Sanches, por todo amor, apoio e confiança. E ao meu namorado, Edson Andrade da Costa Filho, por toda amizade e companheirismo.

Agradeço aos meus colegas de turma, por todos os momentos vividos e pelas trocas de experiências nestes quatro anos de graduação.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos, que sempre estiveram comigo e fizeram parte desta caminhada.

E agradeço a Deus, acima de tudo, por tudo que sou, pelas pessoas que tenho, pelo desenvolvimento desta pesquisa e pela oportunidade de ter cursado uma graduação.

RESUMO

O metilparabeno é um conservante antimicrobiano amplamente utilizado em formulações para produtos de higiene e cosméticos. Entretanto, este composto não é monitorado nas estações de tratamento de esgoto, sendo categorizado como um contaminante emergente. A modelagem da produção primária de espécie de macrófita com potencial fitorremediador se constitui tanto em uma ferramenta de gestão, quanto numa contribuição ecológica para avaliar a eficácia das espécies para descontaminar ambientes aquáticos impactados. No ambiente aquático, diferentes espécies de macrófitas com distintas formas de vida têm sido utilizadas em estudos de toxicidade. Sua contaminação, bioacumulação e morte evidencia uma problemática ambiental, já que o metilparabeno é largamente utilizado como conservante. No município de São Carlos - SP, o metilparabeno tem sido analisado em águas de córregos, rios e estações de tratamento, além de estudos do seu efeito tóxico em organismos aquáticos; mas, pesquisas sobre o efeito do conservante em macrófitas são nulas. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de quatro concentrações de metilparabeno no crescimento da macrófita aquática flutuante *Ricciocarpus natans*, as quais foram incubadas em duas temperaturas simulando o período de inverno/seca e de verão/chuvoso. Foram coletados 420 indivíduos, dos quais 210 permaneceram a 16°C e, 210 a 23°C. Os tratamentos foram distribuídos em quatro concentrações de metilparabeno (0,05%, 0,15%, 0,40% e 0,80%) para ambas as temperaturas. Durante 60 dias, com periodicidade de uma vez por semana, determinaram-se o comprimento, largura e biomassa dos indivíduos. As concentrações de 0,40% e 0,80% interferiram substancialmente no crescimento, uma vez que os indivíduos entraram em senescência após a terceira semana. Na concentração de 0,15%, embora tenha havido diferenças entre os indicadores, pode-se concluir que houve interferência no crescimento dos indivíduos. Contudo, na concentração de 0,05%, o metilparabeno não interferiu no crescimento de *R. natans*. Ao analisar a temperatura isoladamente, obteve-se que o coeficiente de crescimento dos indivíduos foi 15,39% maior a 23°C (simulando a estação de verão). Assim, a hipótese deste estudo que considerou o efeito negativo da presença de metilparabeno no meio de crescimento de *Ricciocarpus natans* pode ser corroborada para a concentração de 0,15%.

Palavras-chave: metilparabeno, contaminante emergente, macrófita aquática, *Ricciocarpus natans*.

ABSTRACT

Methylparaben is an antimicrobial preservative widely used in formulations for personal care products and cosmetics. However, this compound is not monitored at sewage treatment plants, being considered as an emerging contaminant. The modeling of the primary production of macrophyte with phytoremediation potential constitutes both a management tool and an ecological contribution to assess effectiveness of the species in decontaminating aquatic environments. In the aquatic systems, different species of macrophytes with different life forms have been used in toxicity studies. Its contamination, bioaccumulation and death show an environmental problem, since methylparaben is widely used as a preservative compound in personal care products and cosmetics. In the municipality of São Carlos - SP, methylparaben has been analyzed in water from streams, rivers, and treatment plants, in addition to studies of its toxic effect on aquatic organisms, but research on the effect of the preservative on macrophytes is still scarce. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of four concentrations of methylparaben on the growth of the floating aquatic macrophyte *Ricciocarpus natans*, which were incubated at two temperatures simulating the winter/dry and summer/rainy periods. In total, 420 individuals were collected, of which 210 remained at 16°C and 210 at 23°C. The treatments were distributed in four concentrations of methylparaben (0.05%, 0.15%, 0.40% and 0.80%) for both temperatures. For 60 days, once a week, the length, width, and biomass of the individuals were measured. The concentrations of 0.40% and 0.80% interfered substantially in the growth once the individuals died after the third experimental week. At the 0.15% concentration, although there were differences between the growth indicators, we concluded that there was interference in the growth of individuals. However, at a concentration of 0.05%, methylparaben did not interfere with the growth of *R. natans*. When analyzing the temperature alone, it was found that the growth coefficient of the individuals was 15.39% higher at 23°C (simulating the summer season). Thus, the hypothesis of this study that considered the negative effect of the presence of methylparaben in the growth medium of *R. natans* can be corroborated for the concentration 0.15%.

Keywords: methylparaben, emerging contaminant, aquatic macrophyte, *Ricciocarpus natans*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
4. METODOLOGIA.....	12
4.1 ÁREA DE ESTUDO	15
4.2 FORMAS DE ANÁLISES DOS DADOS.....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5.1 ANÁLISES DOS INDICADORES DE CRESCIMENTO	17
5.2 ANÁLISES DAS VARIÁVEIS ABIÓTICAS	24
5.3 MODELAGEM MATEMÁTICA	27
5.4 ANÁLISES DE METILPARABENO	30
6. CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

A preocupação acerca da introdução de substâncias químicas no ambiente tem se intensificado nos últimos tempos, proveniente do crescimento populacional e desenvolvimento científico, que culminaram para uma crescente demanda por produtos sintéticos, como medicamentos, solventes, pesticidas e cosméticos. Quando introduzidos no ambiente aquático, tais produtos podem apresentar toxicidade e bioacumulação nos seres vivos (SANKHLA *et al.*, 2016; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2008).

Os produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais são classificados como contaminantes emergentes, ou seja, são compostos que podem apresentar algum risco ao ecossistema e não estão incluídos nos programas de monitoramento (MONTAGNER, VIDAL & ACAYABA, 2017). Paralelamente, o metilparabeno é o conservante antimicrobiano mais utilizado em cosméticos e produtos de higiene pessoal (SONI *et al.*, 2002).

Rastogi *et al.* (1995) avaliaram a concentração de parabenos (metil, etil, propil, butil e benzil) em 215 produtos cosméticos, nos quais o metilparabeno esteve presente em 98% dos produtos avaliados. No Brasil, a Resolução RDC nº 29, de 1 de junho de 2012, estabelece uma “Lista de Substâncias de Ação Conservante Permitidas para Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes”, na qual está inserido o metilparabeno, bem como a quantidade máxima para seu uso (ANVISA, 2012).

O metilparabeno tem sido amplamente estudado no município de São Carlos em relação à presença em corpos hídricos e esgotos tratados (DERISSO, 2017; LUIZETE, 2013; OLIVEIRA, 2017), o que valida sua categorização como um contaminante emergente. Embora ele seja classificado como um componente de mínima preocupação toxicológica e/ou ambiental (MAPA, ANVISA & IBAMA, 2013) há pesquisas que comprovam o seu efeito toxicológico em organismos vivos (POPA *et al.*, 2011; SILVA, 2015; SPADOTO, 2017; QUINTANA, 2019).

Um estudo sobre a concentração de nutrientes presentes na água em relação à ocorrência de plantas aquáticas identificou *Ricciocarpus natans* como um organismo sensível às mudanças ambientais (KOČIĆ, HENGL & HORVATIĆ, 2008). Posto isso, devido à significativa utilização do metilparabeno, bem como sua aparição nos corpos hídricos, a hipótese deste estudo considerou que a presença de metilparabeno no meio de crescimento de *Ricciocarpus natans* irá afetar negativamente o crescimento dos indivíduos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do metilparabeno (em quatro concentrações) no crescimento da macrófita aquática flutuante *Ricciocarpus natans*, mediante a avaliação dos indicadores comprimento, largura e biomassa. Verificou-se, também, a influência de duas temperaturas de incubação (média de inverno e verão) no crescimento dos indivíduos de *Ricciocarpus natans*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar e selecionar indivíduos saudáveis de *Ricciocarpus natans* para montagem dos mesocosmos de crescimento;
- Utilizar as concentrações de 0,05%; 0,15%; 0,40% e 0,80% de metilparabeno nas temperaturas de 16°C e 23°C para acompanhar o crescimento de *Ricciocarpus natans*;
- Avaliar o efeito do conservante metilparabeno no crescimento dos indivíduos de *Ricciocarpus natans*, com medições de comprimento, largura e biomassa, nas concentrações de 0,05%; 0,15%; 0,40% e 0,80% e nas temperaturas de 16°C e 23°C;
- Aplicar um modelo matemático para avaliação dos crescimentos acumulados de *R. natans*;
- Determinar as concentrações de metilparabeno iniciais e finais, e suas possíveis interferências no crescimento de *R. natans*.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O metilparabeno é um éster do ácido *p*-hidroxibenzóico pertencente a uma série homóloga de parabenos, como o etilparabeno, butilparabeno, propilparabeno, entre outros. São utilizados isoladamente ou combinados, e têm a função de exercer atividade antimicrobiana contra fungos e leveduras em alimentos, medicamentos e cosméticos, sendo neste último, o metilparabeno o conservante antimicrobiano mais utilizado (SONI *et al.*, 2002).

No Brasil, a Resolução RDC nº 29, de 1 de junho de 2012, estabelece uma “Lista de Substâncias de Ação Conservante Permitidas para Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes”, na qual está inserida o metilparabeno, bem como a quantidade máxima para seu uso (ANVISA, 2012). De acordo com a Instrução Normativa Conjunta nº 1, de 18 de abril de

2013, o metilparabeno é classificado como um componente de mínima preocupação toxicológica e/ou ambiental (MAPA, ANVISA & IBAMA, 2013).

Os produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais são classificados como contaminantes emergentes (MONTAGNER, VIDAL & ACAYABA, 2017), sendo contaminantes emergentes compostos que se encontram disseminados no ambiente, que não estão incluídos no atual monitoramento das estações de tratamento de água e, tampouco na rede de monitoramento da qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo realizado pela CETESB; por estas razões, há extrema necessidade de informações sobre o efeito destes contaminantes no ambiente e saúde humana (GIL *et al.*, 2012), principalmente pelo uso do metilparabeno em suas constituições

Os compostos metilparabeno, etilparabeno e propilparabeno apresentaram biodegradação de 89 a 92% em 28 dias (i.e., meia vida ca 8,5 dias), de acordo com o identificado por Madsen *et al.* (2001). Como evidência de sua presença em ambientes aquáticos, o metilparabeno esteve presente ao analisar a água do rio Ribeirão das Cruzes, a jusante da estação de tratamento de esgoto (quantificado em 206 ng L⁻¹), no município de Araraquara-SP (LUIZETE, 2013).

Derisso (2017) identificou o metilparabeno, e outros parabenos, nas águas dos córregos Santa Maria Madalena, Gregório, Tijuco Preto, no Rio do Monjolinho e no esgoto bruto e tratado pela ETE Monjolinho, município de São Carlos-SP. As concentrações encontradas pela autora foram registradas em dois momentos: a primeira coleta foi realizada no mês de abril de 2016 e a segunda em julho do mesmo ano, meses que diferem em relação à temperatura muito quente com forte estiagem, e temperaturas baixas com muitas chuvas, respectivamente. A concentração total de metilparabeno obtida em todos os pontos amostrados no mês de abril foi de, aproximadamente, 2450 ng L⁻¹. Já para o mês de julho, a concentração obtida foi 30 ng L⁻¹ no esgoto bruto da ETE Monjolinho, único ponto que pode ser quantificado.

Da mesma forma, Oliveira (2017) detectou o metilparabeno durante os meses de maio, junho e julho, no Rio Mogi Guaçu, no Rio Monjolinho e nos seus tributários (quantificado em 1060 ng L⁻¹), sendo que foi encontrada a concentração máxima deste composto no Córrego da Água Quente e no Córrego do Gregório (ambos com 300 ng L⁻¹). Como identificado pela autora, a entrada de compostos nos compartimentos aquáticos possibilita a bioacumulação em organismos.

A bioacumulação é um termo referente à transferência de contaminantes presentes no

meio externo para o interior de um organismo, sendo parte dos estudos da Ecotoxicologia. Tal área preocupa-se em identificar os efeitos adversos, ou tóxicos, causados em organismos vivos em decorrência da presença de substâncias químicas liberadas no ambiente (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

Silva (2015) analisou o efeito de parabenos em amostras de água para cultivo de Tilápia do Nilo; entre os resultados dos testes de toxicidade, o metilparabeno foi o único composto capaz de inibir as atividades enzimáticas de amostras do fígado da tilápia. Spadoto (2017) também identificou a toxicidade de parabenos (metilparabeno e propilparabeno) em organismos aquáticos, sendo que os organismos mais sensíveis foram os cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* e *Macrothrix flabelligera*. Além desses, outro estudo foi encontrado a respeito da toxicidade do metilparabeno em organismos, porém neste caso em organismos não aquáticos; Popa *et al.* (2011) analisaram a toxicidade do metilparabeno em ratos por meio de estudos de exposição ao composto, o qual gerou estresse oxidativo devido à degradação de lipídios.

As macrófitas aquáticas são organismos fotossintéticos que variam de tamanho e são visíveis a olho nu, as quais crescem emergentes, submersas ou flutuantes em corpos de água (CHAMBERS, 2007). São de extrema importância para a dinâmica e estrutura dos ambientes aquáticos, pois constituem um dos produtores primários destes ambientes, além de servirem como fonte de alimento e habitat para os macroinvertebrados (GREGG & ROSE, 1982; WARFE & BARMUTA, 2006).

A macrófita *Ricciocarpus natans* é uma briófito adaptada à vida aquática, e sua distribuição ocorre, de preferência, em águas estagnadas. É um organismo favorável às investigações sobre alterações nos ambientes aquáticos (KRONESTEDT, 1981). Sendo assim, os vegetais aquáticos são a base da cadeia alimentar, os quais colonizam ecossistemas rasos, sendo as macrófitas aquáticas organismos importantes na ciclagem de nutrientes e fornecimento de biomassa viva e detrital (THOMAZ & CUNHA, 2010).

Um estudo que tratou da disponibilidade de nutrientes em relação à ocorrência de plantas aquáticas identificou *Ricciocarpus natans* como um organismo sensível às mudanças ambientais (KOČIĆ, HENGL & HORVATIĆ, 2008). Com isso, de acordo com os estudos realizados por Gimenes *et al.* (2020), a macrófita *R. natans* apresentou efeitos deletérios quando exposta ao alumínio. O metal ocasionou clorose nos indivíduos após alguns dias de exposição, com redução acentuada do crescimento.

A respeito da toxicidade do metilparabeno em macrófitas aquáticas, estudos relatados

na literatura ainda são ausentes. Em contrapartida, Quintana (2019) utilizou modelos matemáticos para estimar a toxicidade do metilparabeno em microalgas verdes, sendo a *Raphidocelis subcapitata* a mais sensível, constituindo as alterações nas concentrações de clorofila a resposta fisiológica mais expressiva com relação à toxicidade do metilparabeno.

4. METODOLOGIA

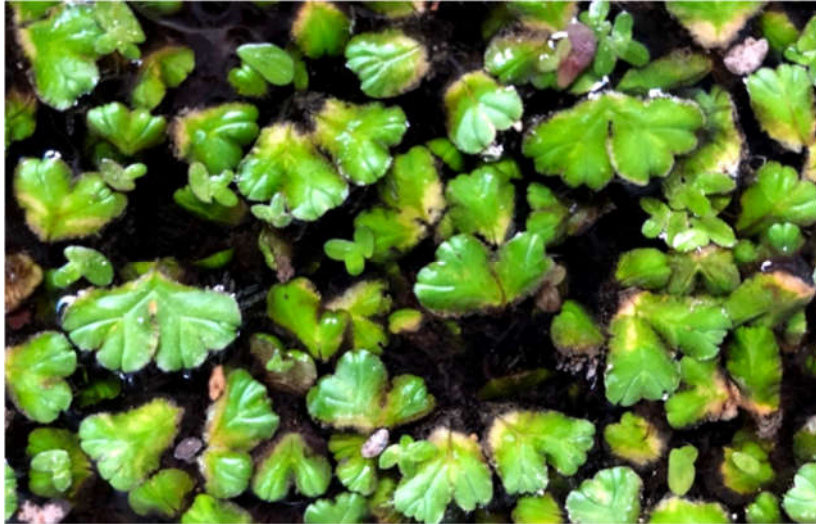
Os materiais necessários para realização do experimento de crescimento de macrófitas aquáticas, em meio contendo contaminante emergente, foram: mesocosmo de borossilicato (volume = 250 ml; área: 33,2 cm²); biomassa fresca de macrófitas (indivíduos); amostra de água de um ambiente aquático; paquímetro; pinça; placa de Petri; reagente específico (metilparabeno); papel filtro absorvente; balança analítica; e luvas de látex.

Os procedimentos necessários para realização do experimento consistiram em coletar indivíduos saudáveis do *Ricciocarpus natans* (Figura 1), os quais foram selecionados com o mesmo estágio de desenvolvimento (i.e. tamanhos similares). Posteriormente, foram lavados cuidadosamente com água da torneira e, na sequência, com água destilada para remoção de possíveis partículas aderidas.

Os experimentos com bioensaios laboratoriais foram realizados em quatro temperaturas simulando a ação do metilparabeno no crescimento de *R. natans* em duas estações (verão e inverno). Santos, Cunha-Santino e Bianchini Jr. (2011) analisaram as variáveis limnológicas na Represa do Rio do Monjolinho, localizada no *campus* da UFSCar, no município de São Carlos - SP. Os autores observaram a variação da temperatura, sendo que no verão a média foi 23°C e no inverno 16°C. Dessa forma, tais temperaturas foram selecionadas para simular o crescimento das macrófitas aquáticas.

R. natans atinge comprimento máximo de 1,5 cm. Sua face superior é carnosa, apresentando um tom esverdeado e brilhante (Figura 1) e, na face interior, os indivíduos apresentam pequenas escamas. Essa macrófita coloniza, preferencialmente, águas calmas de regiões com clima tropical e subtropical, podendo sobreviver à seca quando enraizada em solo úmido. Assim, conforme o ambiente que ocupa, o seu ciclo de vida é anual ou perene. No Brasil, os indivíduos estão distribuídos nos biomas Amazônia, Mata Atlântica, Pantanal e Cerrado (DEMARCHI *et al.*, 2018).

Figura 1: Indivíduos da macrófita aquática flutuante *Ricciocarpus natans*



Fonte: Julia Romano Sanches

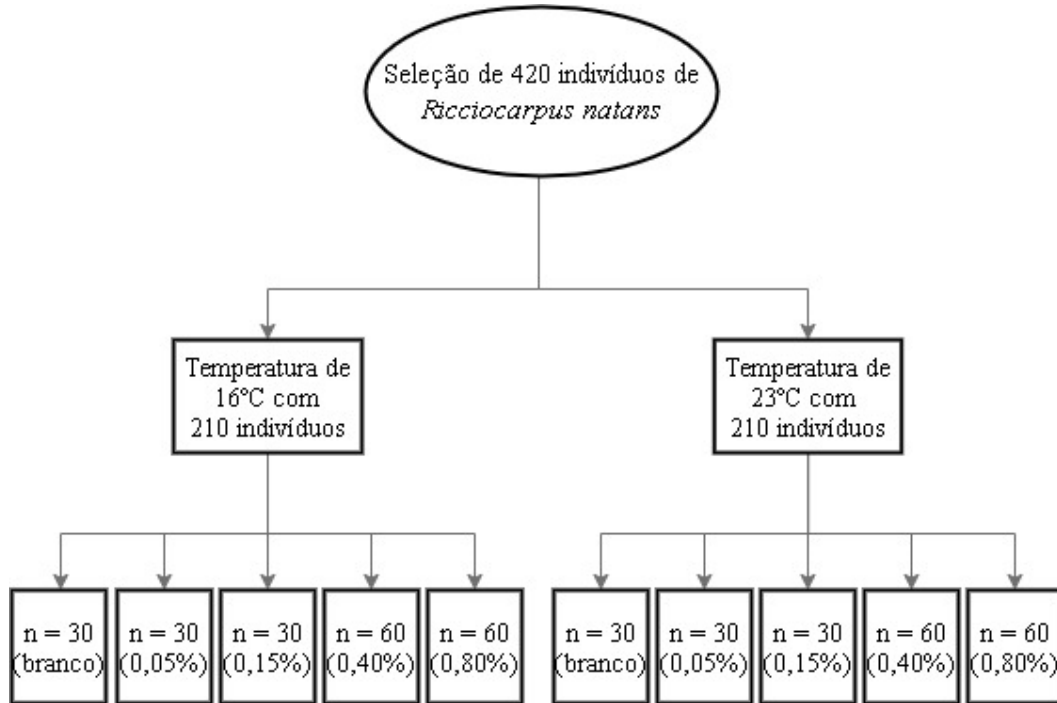
As concentrações de metilparabeno utilizadas no experimento foram: concentração de 0,40% e concentração de 0,80%, conforme determinadas na Resolução RDC nº 29, de 1 de junho de 2012, a qual estabelece uma “Lista de Substâncias de Ação Conservante Permitidas para Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes”. Adicionalmente, também foram testadas as concentrações 0,05% e 0,15% de metilparabeno, para que fosse possível avaliar a toxicidade do composto mesmo em situações com concentrações mais baixas que as utilizadas em cosméticos.

As concentrações 0,05%; 0,15%; 0,40% e 0,80% foram preparadas em água da Represa do Rio do Monjolinho. Para diluição inicial, tais soluções foram mantidas a 120 °C em agitador magnético por 30 minutos até que toda a massa de metilparabeno estivesse dissolvida. Entretanto, de acordo com o *National Center for Biotechnology Information* (2020), a solubilidade máxima de metilparabeno em água é de 0,25% a 20°C ou 0,30% a 25°C. Análises espectrofotométricas (leitura em UV; 282 nm) das concentrações iniciais e finais (após a execução dos testes de crescimento) foram realizadas considerando os protocolos experimentais sugeridos por Bhandari *et al.* (2019) e Ambarak (2020).

Ao todo, foram selecionados 420 indivíduos de *R. natans* para realização completa do projeto, sendo 210 para os testes com a temperatura de 16°C e 210 para a temperatura de 23°C. Tanto à temperatura de 16°C quanto à temperatura 23°C, os mesocosmos foram divididos em: (i) controle (apenas com água do reservatório do Monjolinho); (ii) 0,05% de metilparabeno; (iii) 0,15%; (iv) 0,40% e (v) 0,80%. A Figura 3 abaixo exemplifica o desenho

experimental realizado.

Figura 3: Fluxograma do desenho experimental realizado



Fonte: Julia Romano Sanches

Os mesocosmos foram incubados em câmara de germinação sob condições controladas (23 e 16°C e RFA = 47,25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$) com um regime de luz de 12/12 horas (claro e escuro) de acordo com os procedimentos laboratoriais sugeridos por Bianchini Jr. *et al.* (2010).

Durante 60 dias (com periodicidade de uma vez por semana), foram determinados os comprimentos (C), larguras (L) e biomassas dos 420 indivíduos. As medidas de tamanho (L e C) foram realizadas com paquímetro. A biomassa fresca foi avaliada utilizando balança analítica (marca Boeco, modelo BPB 31; precisão 0,0001 grama), sendo que os excessos de umidade dos exemplares foram removidos com papel filtro absorvente.

Além disso, foram determinadas variáveis do meio de crescimento de cada tratamento. O pH foi medido com pHmetro (marca Qualxtron, modelo 8010) e a condutividade elétrica com condutímetro (marca Digimed, modelo DM3).

As variações temporais dos comprimentos acumulados de *R. natans* foram ajustadas ao modelo logístico (Equação 1). Os tempos de duplicação (td) da espécie foram calculados

com a Equação 2. Os parâmetros cinéticos foram obtidos por regressões não lineares de acordo com o algoritmo iterativo de Levenberg–Marquardt (PRESS *et al.*, 1993):

$$\frac{dN}{dt} = \mu N \left(1 - \frac{N}{K}\right) \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

N = comprimento (cm), denominado neste estudo como rendimento;

μ = coeficiente de crescimento (dia^{-1});

K = valor máximo do comprimento (produção) de *R. natans* no mesocosmo;

t = tempo (dia).

$$td = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (\text{Equação 2})$$

em que:

td = tempo de duplicação (dia).

O coeficiente de temperatura Q_{10} (Equação 3) representa uma medida da variação de das taxas de reação de sistemas bioquímicos, resultando do aumento de 10°C (USEPA, 1985); o Q_{10} do crescimento de *R. natans* foi estimado a partir da Eq. 3. A relação μ_2/μ_1 foi calculada com base na regressão linear dos comprimentos acumulados a 16 e 23°C .

$$Q_{10} = \left(\frac{\mu_2}{\mu_1}\right)^{\left(\frac{10}{(T_2-T_1)}\right)} \quad (\text{Equação 3})$$

em que:

μ_1 = coeficiente de crescimento para a temperatura T1;

μ_2 = coeficiente de crescimento para a temperatura T2;

T1 = temperatura menor;

T2 = temperatura maior.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), no Departamento de Hidrobiologia (DHb), no qual realizaram-se os experimentos com mesocosmos no Laboratório de Bioensaios e Modelagem Matemática. Os indivíduos da

macrófita aquática flutuante *Ricciocarpus natans* foram coletados no Jardim Experimental do Departamento de Botânica. A água utilizada no experimento foi coletada na Represa do Rio do Monjolinho, localizada na Universidade Federal de São Carlos (Figura 4).

Figura 4: Localização da Represa do Rio do Monjolinho na UFSCar



Fonte: Julia Romano Sanches

4.2 FORMAS DE ANÁLISES DOS DADOS

Os resultados obtidos nos tratamentos controle, 0,05% e 0,15% de metilparabeno foram analisados e comparados até a nona semana experimental. Os resultados nos tratamentos a 0,40% e 0,80%, entretanto, foram analisados até a terceira semana experimental, visto que após este período constatou-se clorose e morte dos indivíduos.

Para verificar a diferença de crescimento entre os tratamentos (controle e quatro concentrações de metilparabeno) e, apenas, entre os tratamentos controle (16°C e 23°C) por meio dos indicadores de crescimento durante oito semanas (comprimento, largura e biomassa) realizou-se, primeiramente, o teste de homogeneidade de D'Agostino & Pearson.

Ressalta-se que as análises dos crescimentos nas concentrações de 0,40% e 0,80% foram realizadas com base nos valores semanais isolados, já as análises dos tratamentos controle e das concentrações de 0,05% e 0,15% foram realizadas com base na cinética de crescimento, uma vez que os indivíduos nas concentrações mais elevadas morreram na segunda semana experimental.

Em relação aos testes de indicadores de crescimento nas concentrações de 0,40% e 0,80%, a normalidade não foi confirmada em nenhum dos indicadores (comprimento, largura e biomassa). Utilizou-se, então, o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Como a normalidade foi confirmada nos tratamentos controle e nas concentrações de 0,05% e 0,15%, em todos os indicadores (comprimento, largura e biomassa), utilizou-se o teste *one-way* ANOVA seguido de teste Tukey.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISES DOS INDICADORES DE CRESCIMENTO

Os resultados de comprimento, largura e biomassa dos indivíduos de *Ricciocarpus natans* submetidos à 16°C estão dispostos na Tabela 1 (indivíduos no tratamento controle em apenas água da Represa do Rio do Monjolinho), Tabela 2 (concentração de 0,05%) e Tabela 3 (concentração de 0,15%). Nas Tabelas 4 e 5 encontram-se os resultados dos tratamentos nas concentrações de 0,4% e 0,8% de metilparabeno, respectivamente. Nesses tratamentos, os resultados apresentados consideram apenas duas semanas, visto que os indivíduos estavam visivelmente mortos (clorose e senescentes) nesse período.

Tabela 1: Média e desvio padrão dos resultados de comprimento ($C \pm DP_C$), largura ($L \pm DP_L$) e biomassa ($B \pm DP_B$) dos indivíduos de *R. natans* no Tratamento Controle a 16°C.

Mesocosmos de indivíduos controle à temperatura de 16°C						
Semana	C (mm)	DP _C (mm)	L (mm)	DP _L (mm)	B (g)	DP _B (g)
0	6,13	0,56	6,27	0,66	0,008	0,001
1	6,31	0,59	6,68	0,73	0,009	0,001
2	6,25	0,57	6,64	0,70	0,008	0,001
3	6,02	0,64	6,53	0,79	0,008	0,001
4	5,76	0,61	6,51	0,81	0,006	0,001
5	5,46	0,55	6,37	0,97	0,006	0,001
6	5,10	0,65	6,09	1,32	0,006	0,002
7	4,77	1,21	5,72	1,79	0,005	0,002
8	4,48	1,11	4,86	2,07	0,004	0,003

No final das oito semanas os indivíduos de *Ricciocarpus natans* no tratamento controle à 16°C apresentaram crescimento médio $4,48 \pm 1,11$ mm de comprimento; $4,86 \pm 2,07$ mm de largura e $0,004 \pm 0,003$ g de biomassa. O crescimento médio até a terceira

semana experimental dos indivíduos controle à 16°C foi: $6,25 \pm 0,57$ mm de comprimento; $6,64 \pm 0,70$ mm de largura e $0,008 \pm 0,001$ g de biomassa (Tabela 1).

Tabela 2: Média e desvio padrão dos resultados de comprimento ($C \pm DP_C$), largura ($L \pm DP_L$) e biomassa ($B \pm DP_B$) dos indivíduos de *R. natans* no Tratamento em 0,05% a 16°C.

Mesocosmos de indivíduos na concentração 0,05% à temperatura de 16°C						
Semana	C (mm)	DP_C (mm)	L (mm)	DP_L (mm)	B (g)	DP_B (g)
0	6,30	0,49	6,48	0,60	0,008	0,002
1	6,35	0,45	6,62	0,61	0,009	0,002
2	6,08	0,40	6,55	0,65	0,012	0,017
3	5,95	0,39	6,43	0,74	0,013	0,015
4	5,84	0,41	6,43	0,87	0,008	0,002
5	5,63	0,38	6,27	0,91	0,007	0,002
6	5,40	0,55	6,12	1,23	0,007	0,002
7	5,16	0,75	5,97	1,34	0,006	0,002
8	4,85	1,07	5,70	1,83	0,005	0,002

Tabela 3: Média e desvio padrão dos resultados de comprimento ($C \pm DP_C$), largura ($L \pm DP_L$) e biomassa ($B \pm DP_B$) dos indivíduos de *R. natans* no Tratamento em 0,15% a 16°C.

Mesocosmos de indivíduos na concentração 0,15% à temperatura de 16°C						
Semana	C (mm)	DP_C (mm)	L (mm)	DP_L (mm)	B (g)	DP_B (g)
0	6,36	0,48	6,69	0,53	0,008	0,002
1	6,29	0,51	6,77	0,58	0,009	0,002
2	5,75	0,82	6,18	0,91	0,009	0,002
3	4,36	2,70	4,81	2,99	0,009	0,003
4	4,07	2,74	4,60	3,09	0,007	0,004
5	3,72	2,50	4,37	2,98	0,006	0,004
6	3,63	2,43	4,34	3,06	0,005	0,004
7	3,27	2,19	3,74	2,83	0,004	0,003
8	3,02	2,01	3,62	2,84	0,003	0,002

No final das oito semanas de experimento os indivíduos na concentração de 0,05% (Tabela 2) e na concentração 0,15% (Tabela 3) à 16°C exibiram, respectivamente: $4,85 \pm 1,07$ e $3,02 \pm 2,01$ mm de comprimento; $5,70 \pm 1,83$ e $3,62 \pm 2,84$ mm de largura; $0,005 \pm 0,002$ e $0,003 \pm 0,002$ g de biomassa.

Tabela 4: Média e desvio padrão dos resultados de comprimento ($C \pm DP_C$), largura ($L \pm DP_L$) e biomassa ($B \pm DP_B$) dos indivíduos de *R. natans* no Tratamento em 0,40% a 16°C.

Mesocosmos de indivíduos na concentração 0,40% à temperatura de 16°C						
Semana	C (mm)	DP_C (mm)	L (mm)	DP_L (mm)	B (g)	DP_B (g)
0	5,43	0,96	5,11	0,83	0,009	0,003
1	3,88	0,92	3,64	0,73	0,006	0,002
2	3,56	0,86	3,19	0,69	0,006	0,002

Tabela 5: Média e desvio padrão dos resultados de comprimento ($C \pm DP_C$), largura ($L \pm DP_L$) e biomassa ($B \pm DP_B$) dos indivíduos de *R. natans* no Tratamento em 0,80% a 16°C.

Mesocosmos de indivíduos na concentração 0,80% à temperatura de 16°C						
Semana	C (mm)	DP_C (mm)	L (mm)	DP_L (mm)	B (g)	DP_B (g)
0	5,59	0,82	4,95	0,90	0,008	0,003
1	4,40	0,90	3,91	0,78	0,006	0,002
2	3,62	0,68	3,22	0,69	0,006	0,002

Em relação às concentrações de 0,40% (Tabela 4) e 0,80% (Tabela 5) à 16°C, os resultados até a terceira semana experimental foram, respectivamente: $3,56 \pm 0,86$ e $3,62 \pm 0,68$ mm de comprimento e $3,19 \pm 0,69$ e $3,22 \pm 0,69$ mm de largura. Em relação à biomassa, independente da concentração de metilparabeno, foi registrado o valor de $0,006 \pm 0,002$ g.

Os resultados de comprimento, largura e biomassa dos mesocosmos controle foram maiores, respectivamente, que a 0,15% de metilparabeno (32,59%; 25,52% e 25%); que a 0,40% (43,04%; 51,96% e 25%) e que a 0,80% (42,08%; 51,51% e 25%). Com relação à concentração de 0,05% de metilparabeno, os resultados de comprimento, largura e biomassa foram maiores, respectivamente, que ao tratamento controle (7,63%; 14,74% e 20%).

Os resultados de comprimento, largura e biomassa dos indivíduos de *Ricciocarpus natans* submetidos à 23°C estão dispostos na Tabela 6 (indivíduos no tratamento controle em apenas água da Represa do Rio do Monjolinho), Tabela 7 (concentração de 0,05%) e Tabela 8 (concentração de 0,15%) durante oito semanas de experimento. Nas Tabelas 9 e 10 encontram-se os resultados dos tratamentos nas concentrações de 0,4% e 0,8% de metilparabeno, respectivamente. Assim como a 16°C, em ambos os tratamentos os dados são de apenas três semanas, visto que os indivíduos estavam visivelmente mortos (com clorose), cessando o crescimento.

Tabela 6: Média e desvio padrão dos resultados de comprimento ($C \pm DP_C$), largura ($L \pm DP_L$) e biomassa ($B \pm DP_B$) dos indivíduos de *R. natans* no Tratamento Controle a 23°C.

Mesocosmos de indivíduos controle à temperatura de 23°C						
Semana	C (mm)	DP_C (mm)	L (mm)	DP_L (mm)	B (g)	DP_B (g)
0	6,31	0,63	6,54	0,67	0,008	0,002
1	6,58	0,57	7,00	0,74	0,009	0,002
2	6,29	0,57	6,92	0,73	0,009	0,002
3	5,91	0,57	6,60	0,86	0,008	0,002
4	5,70	0,66	6,60	0,95	0,007	0,002
5	5,43	0,60	6,26	1,16	0,006	0,002
6	5,16	0,66	5,77	1,44	0,005	0,001
7	4,88	0,57	5,18	1,57	0,004	0,001
8	4,63	0,53	4,75	1,61	0,003	0,001

Ao fim das oito semanas, os indivíduos de *Ricciocarpus natans* no tratamento controle à 23°C apresentaram crescimento médio $4,63 \pm 0,53$ mm de comprimento; $4,75 \pm 1,61$ mm de largura e $0,003 \pm 0,001$ g de biomassa. O crescimento médio até a terceira semana experimental dos indivíduos controle à 23°C foram: $6,29 \pm 0,57$ mm de comprimento; $6,92 \pm 0,73$ mm de largura e $0,009 \pm 0,002$ g de biomassa (Tabela 6).

Tabela 7: Média e desvio padrão dos resultados de comprimento ($C \pm DP_C$), largura ($L \pm DP_L$) e biomassa ($B \pm DP_B$) dos indivíduos de *R. natans* no Tratamento em 0,05% a 23°C.

Mesocosmos de indivíduos na concentração 0,05% à temperatura de 23°C						
Semana	C (mm)	DP_C (mm)	L (mm)	DP_L (mm)	B (g)	DP_B (g)
0	6,16	0,45	6,39	0,59	0,008	0,001
1	5,98	0,42	6,44	0,54	0,009	0,002
2	5,80	0,52	6,36	0,56	0,009	0,002
3	5,69	0,53	6,41	0,61	0,008	0,001
4	5,51	0,56	6,29	0,60	0,007	0,001
5	5,27	0,53	6,22	0,63	0,006	0,001
6	4,91	0,52	5,96	0,81	0,006	0,001
7	4,69	0,74	5,52	1,42	0,005	0,001
8	4,37	0,65	5,27	1,43	0,004	0,001

Tabela 8: Média e desvio padrão dos resultados de comprimento ($C \pm DP_C$), largura ($L \pm DP_L$) e biomassa ($B \pm DP_B$) dos indivíduos de *R. natans* no Tratamento em 0,15% a 23°C.

Mesocosmos de indivíduos na concentração 0,15% à temperatura de 23°C						
Semana	C (mm)	DP_C (mm)	L (mm)	DP_L (mm)	B (g)	DP_B (g)
0	6,49	0,48	6,27	0,65	0,008	0,001
1	6,10	0,49	6,17	0,68	0,009	0,002
2	5,70	0,64	6,02	0,68	0,010	0,002
3	5,14	0,68	5,71	0,98	0,007	0,001
4	4,68	0,76	5,30	1,24	0,005	0,001
5	3,93	1,01	4,48	1,69	0,003	0,001
6	3,97	0,63	4,31	1,39	0,003	0,001
7	2,89	1,49	3,24	2,12	0,002	0,001
8	2,39	1,51	2,68	2,04	0,001	0,000

Os indivíduos na concentração de 0,05% (Tabela 7) e na concentração 0,15% (Tabela 8) à 23°C exibiram, respectivamente, ao fim das nove semanas de experimento: $4,37 \pm 0,65$ e $2,39 \pm 1,51$ mm de comprimento; $5,27 \pm 1,43$ e $2,68 \pm 2,04$ mm de largura; $0,004 \pm 0,001$ e $0,001 \pm 0,000$ g de biomassa.

Tabela 9: Média e desvio padrão dos resultados de comprimento ($C \pm DP_C$), largura ($L \pm DP_L$) e biomassa ($B \pm DP_B$) dos indivíduos de *R. natans* no Tratamento em 0,40% a 23°C.

Mesocosmos de indivíduos na concentração 0,40% à temperatura de 23°C						
Semana	C (mm)	DP_C (mm)	L (mm)	DP_L (mm)	B (g)	DP_B (g)
0	5,87	0,98	5,02	0,90	0,010	0,003
1	4,58	0,82	4,01	0,80	0,009	0,003
2	4,20	0,78	3,61	0,68	0,009	0,003

Tabela 10: Média e desvio padrão dos resultados de comprimento ($C \pm DP_C$), largura ($L \pm DP_L$) e biomassa ($B \pm DP_B$) dos indivíduos de *R. natans* no Tratamento em 0,80% a 23°C.

Mesocosmos de indivíduos na concentração 0,80% à temperatura de 23°C						
Semana	C (mm)	DP_C (mm)	L (mm)	DP_L (mm)	B (g)	DP_B (g)
0	5,69	0,94	5,14	0,79	0,007	0,002
1	4,13	0,92	3,36	0,65	0,006	0,002
2	3,80	0,80	3,06	0,66	0,006	0,002

Os resultados até a segunda semana experimental das concentrações de 0,40% (Tabela 9) e 0,80% (Tabela 10) a 23°C foram, respectivamente: $4,20 \pm 0,78$ e $3,80 \pm 0,80$ mm de comprimento; $3,61 \pm 0,68$ e $3,06 \pm 0,66$ mm de largura; $0,009 \pm 0,003$ e $0,006 \pm 0,002$ g de biomassa.

Com relação ao indicador comprimento, o tratamento controle apresentou resultados maiores que a 0,05% (5,62%); que a 0,15% (48,39%); que a 0,40% (33,23%) e que a 0,80% (39,59%). Já em relação ao indicador largura, o controle apresentou resultados maiores que a 0,15% (43,58%); que a 0,40% (47,84%) e que a 0,80% (55,79%).

A concentração de 0,05% apresentou resultados médios de largura e biomassa maiores que ao tratamento controle (9,87% e 25%). Por fim, a biomassa foi maior no tratamento controle que a 0,15% (66,67%) e que a 0,80% (33,34%), sendo igual quando comparada à concentração de 0,40% de metilparabeno.

Com os três indicadores de crescimento, observou-se que houve diferenças extremamente significativas entre alguns tratamentos ($p < 0,0001$) em concentrações de metilparabeno, uma vez que não houve, estatisticamente, diferenças no crescimento pela interferência da temperatura (tratamentos controle).

Em relação ao comprimento, largura e biomassa, os tratamentos que apresentaram diferenças extremamente significativas foram os controles (16°C e 23°C) em relação às concentrações 0,40% e 0,80% de metilparabeno, em ambas as temperaturas de incubação, o que era esperado já que os indivíduos entraram em senescência apresentando clorose.

O tratamento controle a 23°C apresentou diferenças extremamente significativas em relação à concentração de 0,15% de metilparabeno (tanto a 16°C quanto a 23°C), em relação aos indicadores comprimento e largura. Com relação à biomassa, a diferença foi extremamente significativa, apenas, com relação ao tratamento de 0,15% a 23°C.

O controle a 16°C apresentou diferenças significativas (no indicador comprimento) em relação a 0,15%, também, tanto a 16°C quanto a 23°C, não havendo diferenças nos indicadores largura e biomassa. Salienta-se que não houve diferenças no crescimento dos indivíduos, em ambas as temperaturas, quando comparado o tratamento controle ao tratamento em 0,05% de metilparabeno.

A concentração de 0,05% (16°C) apresentou diferenças extremamente significativas (no indicador comprimento) com relação à concentração de 0,15%, tanto a 16°C quanto a 23°C. Na largura, a diferença foi significativa com relação a 0,15% em 16°C, não havendo diferenças com relação a 0,15% em 23°C. O indicador biomassa, entretanto, a diferença foi

extremamente significativa, apenas, com relação a 0,15% em 23°C, ou seja, não houve diferenças com relação a 0,15% em 16°C. Já com relação a 0,05% em 23°C, as diferenças em relação a 0,15% (16°C e 23°C) foram significativas no indicador comprimento e extremamente significativas no indicador largura. Na biomassa, contudo, a diferença foi extremamente significativa, apenas, com relação ao 0,15% em 23°C. Ressalta-se que não houve diferenças entre as concentrações de 0,4% e 0,8% de metilparabeno entre nenhuma das temperaturas de incubação.

Ao analisar as concentrações de metilparabeno (0,05%; 0,15%; 0,40% e 0,80%) isoladas nas respectivas temperaturas (16°C e 23°C), percebeu-se que a temperatura não interferiu na potencialidade toxicológica do metilparabeno nos indivíduos de *R. natans*, uma vez que não houve diferenças entre as mesmas concentrações, para quaisquer indicadores, quando analisadas na temperatura em que estavam situadas. Percebe-se, portanto, que o metilparabeno, nas concentrações de 0,40% e 0,80%, interferiu no crescimento dos indivíduos de *Ricciocarpus natans* independentemente da temperatura de incubação. Embora os resultados a 0,15% tenham se diferenciado com relação ao indicador e a temperatura, na maioria das vezes, tal concentração interferiu no crescimento dos indivíduos.

Puerta *et al.* (2020) avaliaram o potencial toxicológico do metilparabeno em três microalgas verdes, a *Desmodesmus communis*, *Pseudopediastrum boryanum* e *Raphidocelis subcapitata*, nas quais encontraram-se as respectivas concentrações letais do conservante: 0,12%; 0,08% e 0,02%. Percebe-se que o efeito do metilparabeno em microalgas verdes variou de acordo com a espécie, uma vez que a microalga mais tolerante (*D. communis*) suportou uma concentração 93,34% maior que a microalga mais sensível (*R. subcapitata*).

Um estudo com as algas *C. silvestrii* e *M. flabelligera* indicou a toxicidade do metilparabeno no crescimento destes indivíduos, sendo que a concentração letal para 50% dos indivíduos de *C. silvestrii* foi 7,56 mg L⁻¹ e 8,04 mg L⁻¹ para e *M. flabelligera* (SPADOTO, 2017). Tais concentrações foram significativamente mais baixas quando comparadas as do presente estudo. Entretanto, Gimenes (2020) apontou *R. natans* como uma planta bioacumuladora, que pode fitorremediar ambientes aquáticos contaminados com estressores, e.g. metais.

Silva (2015) identificou que a concentração letal de metilparabeno para 50% dos indivíduos de tilápia do Nilo foi 0,06%. Entretanto, no presente estudo, a concentração de 0,05% não apresentou, estatisticamente, interferência no crescimento dos indivíduos de *R.*

natans. Assim, na concentração de 0,05%, o metilparabeno não se caracterizou como um estressor de *Ricciocarpus natans*.

5.2 ANÁLISES DAS VARIÁVEIS ABIÓTICAS

O potencial hidrogeniônico, conhecido como pH, é uma grandeza que indica a acidez ($\text{pH} < 7$), a neutralidade ($\text{pH} = 7$) e a alcalinidade ($\text{pH} > 7$) de uma solução aquosa. A condutividade refere-se à capacidade de uma solução aquosa em conduzir eletricidade, capacidade que depende, basicamente, da presença de íons (PARRON, MUNIZ & PEREIRA, 2011).

Uma vez por semana foi medido o pH e condutividade elétrica (CE) de cada mesocosmo. Os resultados dos mesocosmos no tratamento controle (16°C e 23°C) estão apresentados na Tabela 11. Os resultados de pH e CE dos mesocosmos com a concentração de 0,05% (16°C e 23°C); 0,15% (16°C e 23°C); 0,40% (16°C e 23°C) e 0,80% (16°C e 23°C) estão expostos nas Tabelas 12, 13, 14 e 15, respectivamente.

Tabela 11: Média e desvio padrão dos resultados de pH e CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$) dos mesocosmos submetidos ao Tratamento Controle.

pH e condutividade elétrica dos mesocosmos controle								
Semana	Controle - 16°C				Controle - 23°C			
	pH	DP _{pH}	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	DP _{CE} ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	DP _{pH}	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	DP _{CE} ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
0	5,64	-	3,09	-	5,64	-	3,09	-
1	5,99	0,07	5,08	0,43	6,46	0,05	5,16	0,04
2	6,14	0,04	4,43	0,17	6,67	0,07	4,26	0,09
3	6,22	0,13	4,31	0,07	6,44	0,04	4,29	0,20
4	6,28	0,12	4,17	0,06	6,44	0,02	3,56	0,24
5	6,27	0,09	3,71	0,01	6,54	0,05	3,14	0,12
6	6,19	0,15	3,59	0,20	6,65	0,07	3,01	0,05
7	6,62	0,12	3,35	0,07	6,74	0,08	2,74	0,09
8	5,85	0,06	3,39	0,07	5,95	0,03	2,83	0,10

Ao fim da oitava semana o tratamento controle a 16°C apresentou pH médio de $5,85 \pm 0,06$ e condutividade média de $3,39 \pm 0,07 \mu\text{S cm}^{-1}$. No tratamento controle a 23°C os valores dessas variáveis foram $5,95 \pm 0,03$ e $2,83 \pm 0,10 \mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente. Ao final do experimento, os mesocosmos controle estiveram levemente ácidos, apresentando uma CE baixa (Tabela 11).

Tabela 12: Média e desvio padrão dos resultados de pH e CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$) dos mesocosmos submetidos ao Tratamento 0,05% de metilparabeno.

pH e condutividade elétrica dos mesocosmos em 0,05% de metilparabeno								
Semana	0,05% - 16°C				0,05% - 23°C			
	pH	DP _{pH}	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	DP _{CE} ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	DP _{pH}	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	DP _{CE} ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
0	6,34	0,01	7,69	0,02	6,34	0,01	7,69	0,02
1	6,00	0,03	7,61	0,15	6,22	0,20	7,55	0,01
2	7,05	0,16	7,24	0,04	6,99	0,02	7,75	0,04
3	7,06	0,17	7,45	0,09	7,04	0,05	7,87	0,07
4	6,41	0,05	8,83	0,10	6,41	0,04	8,39	0,21
5	6,9	0,01	8,85	0,03	6,82	0,06	7,31	0,17
6	6,83	0,01	8,32	0,65	6,84	0,01	6,86	0,16
7	6,78	0,01	7,35	0,16	6,78	0,01	8,53	0,11
8	6,88	0,07	8,35	0,56	6,89	0,03	7,88	0,58

A 16°C, na concentração de 0,05%, as médias foram: $6,88 \pm 0,07$ para o pH e $8,35 \pm 0,56 \mu\text{S cm}^{-1}$ para a CE. A 23°C, ainda na concentração de 0,05%, observou-se os seguintes valores médios: $6,89 \pm 0,03$ para o pH e $7,88 \pm 0,58 \mu\text{S cm}^{-1}$ para a CE. Os valores de pH foram similares em ambas as temperaturas, sendo o meio de crescimento *Ricciocarpus natans* próximos ao neutro (Tabela 12).

Tabela 13: Média e desvio padrão dos resultados de pH e CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$) dos mesocosmos submetidos ao Tratamento 0,15% de metilparabeno.

pH e condutividade elétrica dos mesocosmos em 0,15% de metilparabeno								
Semana	0,15% - 16°C				0,15% - 23°C			
	pH	DP _{pH}	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	DP _{CE} ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	DP _{pH}	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	DP _{CE} ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
0	6,24	0,00	7,62	0,01	6,34	0,00	7,62	0,01
1	6,68	0,03	7,90	0,06	6,35	0,01	7,48	0,05
2	5,97	0,26	7,66	0,07	6,39	0,03	7,94	0,01
3	6,01	0,33	8,05	0,22	6,40	0,13	8,47	0,37
4	6,29	0,04	8,80	0,10	6,33	0,09	9,42	0,29
5	6,94	0,03	9,26	0,07	6,81	0,06	8,21	0,23
6	6,86	0,03	8,06	0,18	6,90	0,03	7,13	0,05
7	6,76	0,02	7,93	0,04	6,85	0,01	9,04	0,33
8	6,86	0,01	8,26	0,07	6,96	0,01	10,74	1,00

Na concentração de 0,15% a 16°C o pH médio foi $6,86 \pm 0,01$ e condutividade média de $8,26 \pm 0,07 \mu\text{S cm}^{-1}$. A 23°C, nessa mesma concentração observou-se os seguintes valores médios: $6,96 \pm 0,01$ (pH) e $10,74 \pm 1,00 \mu\text{S cm}^{-1}$ (CE). Os valores de pH também indicam um meio de crescimento neutro (16°C e 23°C), entretanto, a CE a 23°C apresentou resultado 23,1% maior (Tabela 13).

Tabela 14: Média e desvio padrão dos resultados de pH e CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$) dos mesocosmos submetidos ao Tratamento 0,40% de metilparabeno.

pH e CE dos mesocosmos em 0,40% de metilparabeno								
Semana	0,40% - 16°C				0,40% - 23°C			
	pH	DP _{pH}	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	DP _{CE} ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	DP _{pH}	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	DP _{CE} ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
0	5,48	0,02	6,22	0,83	5,18	0,21	6,62	0,94
1	5,66	0,16	6,86	0,95	5,86	0,23	7,05	0,41
2	5,72	0,2	6,86	0,97	5,62	0,26	7,14	1,07

Tabela 15: Média e desvio padrão dos resultados de pH e CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$) dos mesocosmos submetidos ao Tratamento 0,80% de metilparabeno.

pH e CE dos mesocosmos em 0,80% de metilparabeno								
Semana	0,80% - 16°C				0,80% - 23°C			
	pH	DP _{pH}	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	DP _{CE} ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	DP _{pH}	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	DP _{CE} ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
0	5,69	0,05	6,49	0,98	5,91	0,15	6,68	1,01
1	5,66	0,12	7,32	1,19	6,05	0,06	7,66	0,97
2	5,72	0,01	7,29	1,18	5,92	0,03	7,5	1,37

Em relação à concentração de 0,4% de metilparabeno, a 16°C obteve-se uma média de pH de $5,72 \pm 0,2$ e condutividade $6,86 \pm 0,97 \mu\text{S cm}^{-1}$. A 23°C a média de pH ficou em $5,62 \pm 0,26$ e condutividade em $7,14 \pm 1,07 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Tabela 14). A 0,8% de metilparabeno os valores de pH e condutividade são semelhantes para ambas as temperaturas. A 16°C a média de pH ficou em $5,72 \pm 0,01$ e a média de condutividade em $7,29 \pm 1,18 \mu\text{S cm}^{-1}$. A 23°C a média de pH foi $5,92 \pm 0,03$ e a condutividade em $7,5 \pm 1,37 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Tabela 15). Logo, pH esteve ácido em ambas as concentrações. A este respeito, Park & Cho (2003) verificaram que, durante a senescência de *Zizania latifoli*, o processo de lixiviação incrementou a CE pela liberação de íons do conteúdo protoplasmático. Retrata-se, portanto, que a condutividade média aumentou nos mesocosmos com a presença de metilparabeno quando comparados ao mesocosmo controle (16°C e 23°C), resultado da lixiviação do conteúdo protoplasmático dos

indivíduos de *R. natans*. Rial & Lasso (1998) apontam que é possível encontrar indivíduos da macrófita *Ricciocarpus natans* em águas com valores de pH perto de 7,6. Entretanto, Gimenes (2020) analisou que houve incremento de biomassa nos indivíduos de *R. natans* em bioensaios com pH dos meios entre 4 e 5. Ao comparar os tratamentos controle (16°C e 23°C) aos em que *R. natans* senesceu (0,40% e 0,80%), em ambas as temperaturas de incubação, observou-se que as diferenças nos valores do pH foram pequenas, com o valor mais discrepante representado em 5,55% maior (controle a 23°C) quando comparado ao tratamento 0,40% a 23°C. Assim, no presente estudo, o pH não foi uma variável limitante no crescimento de *R. natans*.

5.3 MODELAGEM MATEMÁTICA

A análise dos resultados mostrou que a concentração mais baixa (0,05%) de metilparabeno tendeu a favorecer o crescimento de *R. natans*, principalmente em base de biomassa e a 16°C. Nos bioensaios a 23°C, a menor concentração somente tendeu a favorecer o crescimento após o 40º dia (biomassa e largura). As concentrações mais elevadas (0,15%) de metilparabeno tenderam, na maior parte das vezes, a inibir o crescimento de *R. natans* (Figura 4), em relação as culturas controle (com apenas água do Monjolinho). Ao comparar as culturas controles foi possível verificar que o aumento da temperatura gerou um pequeno aumento do crescimento (Figura 5), permitindo estimar os seguintes valores de Q_{10} : 1,12, 1,15 e 1,32 em função dos aumentos do comprimento, largura e biomassa, respectivamente. Considerando todos os indicadores fisiológicos em conjunto, o valor de Q_{10} foi 1,20 mostrando a influência da temperatura no crescimento de *R. natans*.

O valor Q_{10} indica aumento nos processos metabólicos, como o crescimento de macrófitas, quando se considera a variação de 10 °C (DHIR, 2015). Ou seja, houve um incremento de 1,20 vezes no crescimento de *R. natans* com a variação de 10°C. Alguns estudos apontaram o Q_{10} no crescimento de organismos: (i) Q_{10} de 1,2 para comunidades micro fitobentônicas no verão (TAIT & SCHIEL, 2013) e (ii) Q_{10} de 1,32 para *Callitriche cophocarpa* e 1,58 para *Elodea canadensis* em altas concentrações de CO₂ (OLESEN & MADSEN, 2000). Estudos realizados por Gomes *et al.* (2018) apontaram que nas temperaturas entre 20°C e 25°C a taxa fotossintética de *Ricciocarpus natans* é alta, porém, em temperaturas mais elevadas, como 30°C, por exemplo, ocorreu um declínio da fotossíntese. Gimenes (2020) encontrou que o crescimento de *R. natans* foi maior a 25°C quando comparado a 27°C.

Figura 4: Variações temporais do comprimento, largura e biomassa de *R. natans* cultivadas nas temperaturas de 16 e 23°C e com metilparabeno: linha preta (controle); linha vermelha (0,05%) e linha azul (0,15%).

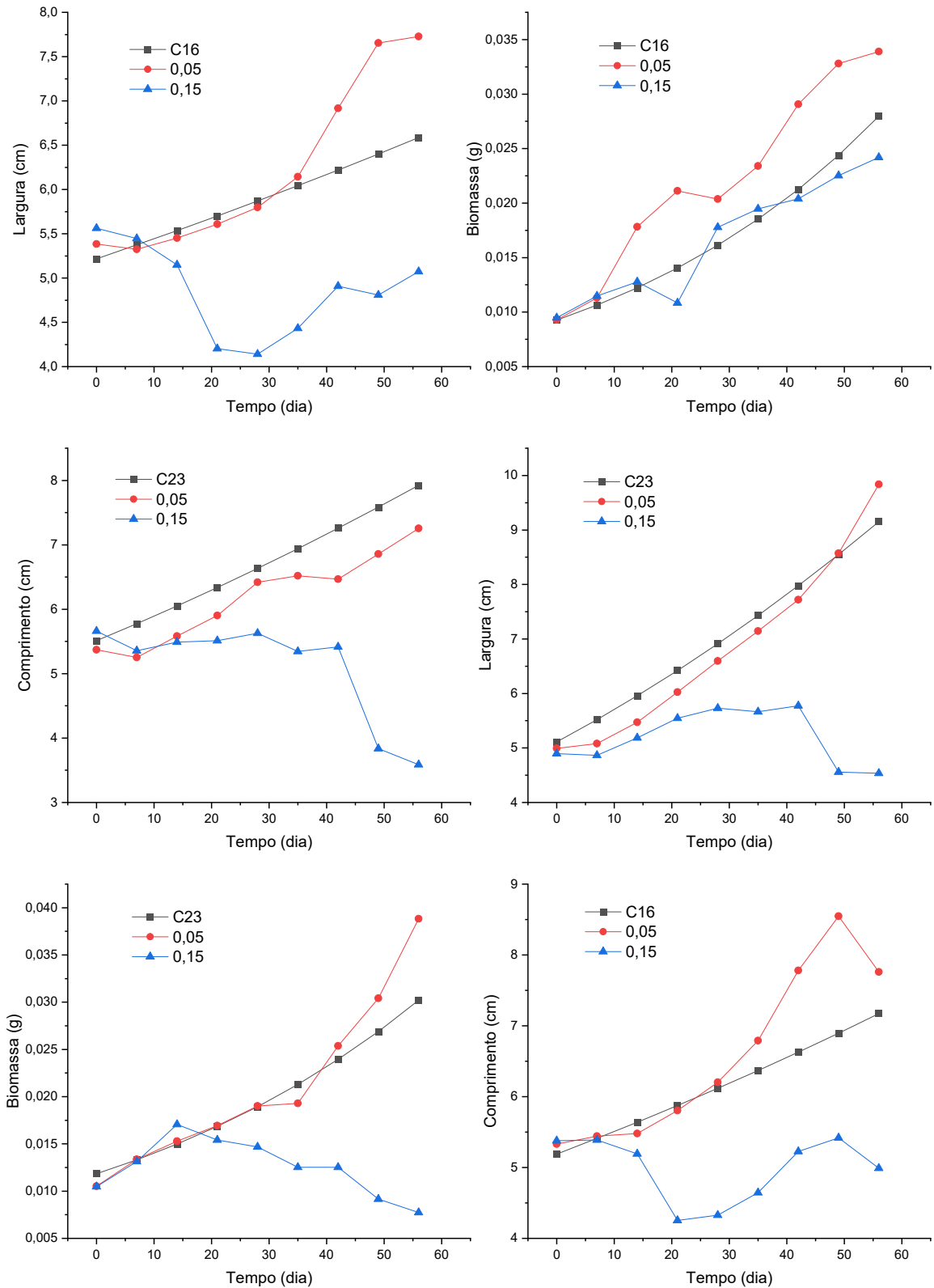
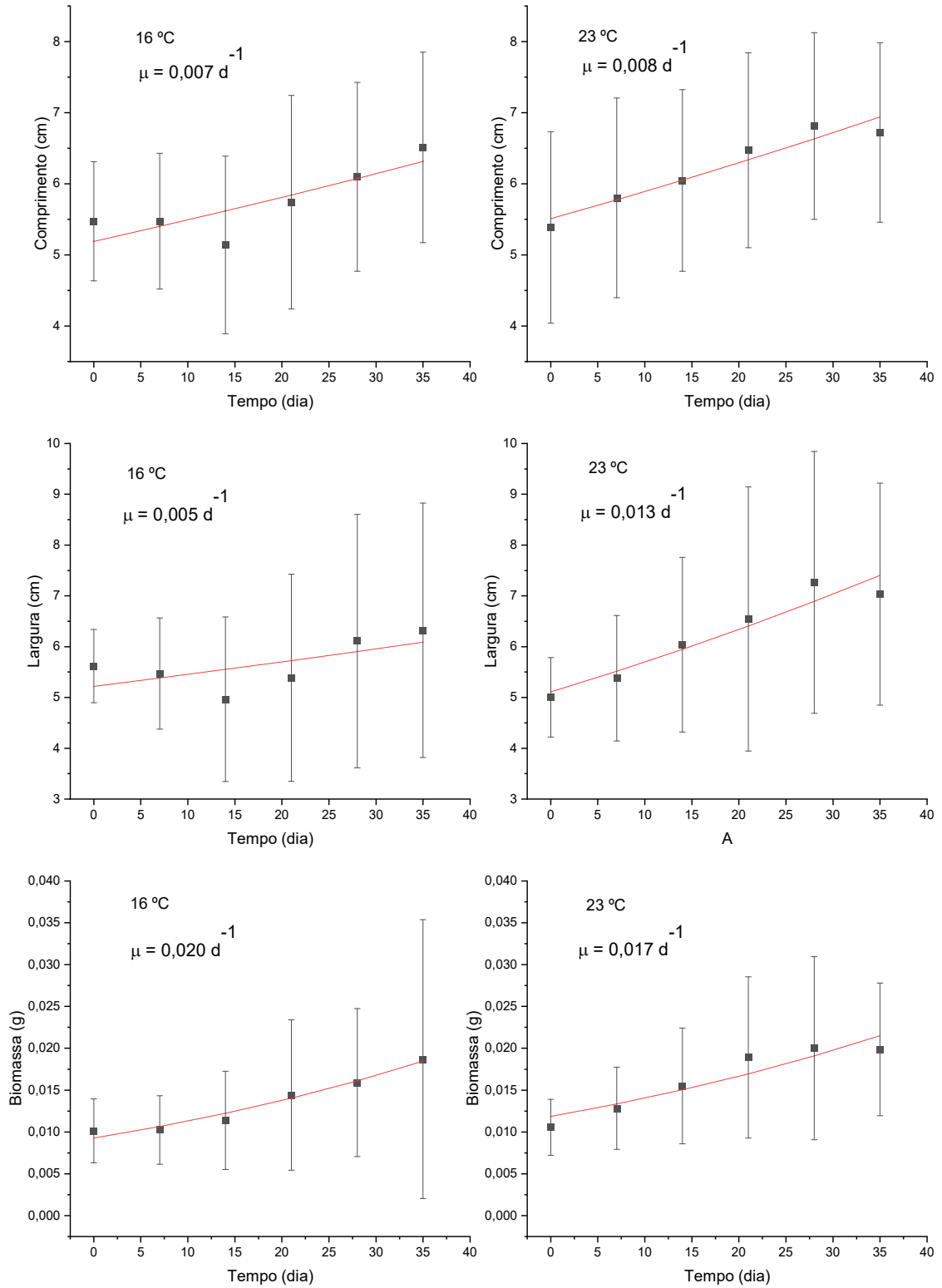


Figura 5: Variações temporais do comprimento, largura e biomassa de *Ricciocarpus natans* cultivadas nas temperaturas de 16 e 23°C sem o metilparabeno (controle), com os respectivos valores de μ .



Tais estudos auxiliam na compreensão da melhor taxa de crescimento de *R. natans* a 23°C encontrada neste estudo, quando comparada com o crescimento a 16°C. Tendo em vista os coeficientes de crescimento ($\mu \text{ dia}^{-1}$) dos indicadores largura ($0,013 \text{ dia}^{-1}$) e biomassa ($0,017 \text{ dia}^{-1}$) dos mesocosmos controle (23°C), para a mesma espécie, podemos comparar esses coeficientes de crescimento aos encontrados por Gimenes (2020), sendo de $0,022 \text{ dia}^{-1}$ para largura e $0,025 \text{ dia}^{-1}$ para biomassa de *R. natans*. A média dos coeficientes de crescimento dos indivíduos de *Ricciocarpus natans* em ambas as temperaturas, considerando os três indicadores (comprimento, largura e biomassa; Figura 5), indicou que o crescimento foi 15,39% maior a 23°C ($0,013 \text{ dia}^{-1}$; verão/período chuvoso) que a 16°C ($0,011 \text{ dia}^{-1}$; inverno/período seco).

5.4 ANÁLISES DE METILPARABENO

As concentrações iniciais e finais de metilparabeno estão indicadas nas Tabelas 16 e 17. Em relação ao tratamento controle, o resultado para todos os mesocosmos foram menores que 0,002%, que é o limite de detecção do método, sugerindo que não há metilparabeno na água do local de coleta, ou que as concentrações são insignificantes. A análise das concentrações (0,05%; 0,15%; 0,40% e 0,80%) indicou que apenas a 0,05% e a 0,15% houve, praticamente, completa dissolução (Tabela 16). A 0,40% e 0,80% solubilizou-se, respectivamente, 40,07% e 20,21% (Tabela 16). De acordo com o *National Center for Biotechnology Information* (2020), a solubilidade máxima de metilparabeno em água é de 0,25% a 20°C ou 0,30% a 25°C. Por conseguinte, os valores efetivos analisados indicaram que, no máximo, 40% de metilparabeno foram solubilizados.

Tabela 16: Concentrações iniciais de metilparabeno em cada um dos quatro tratamentos.

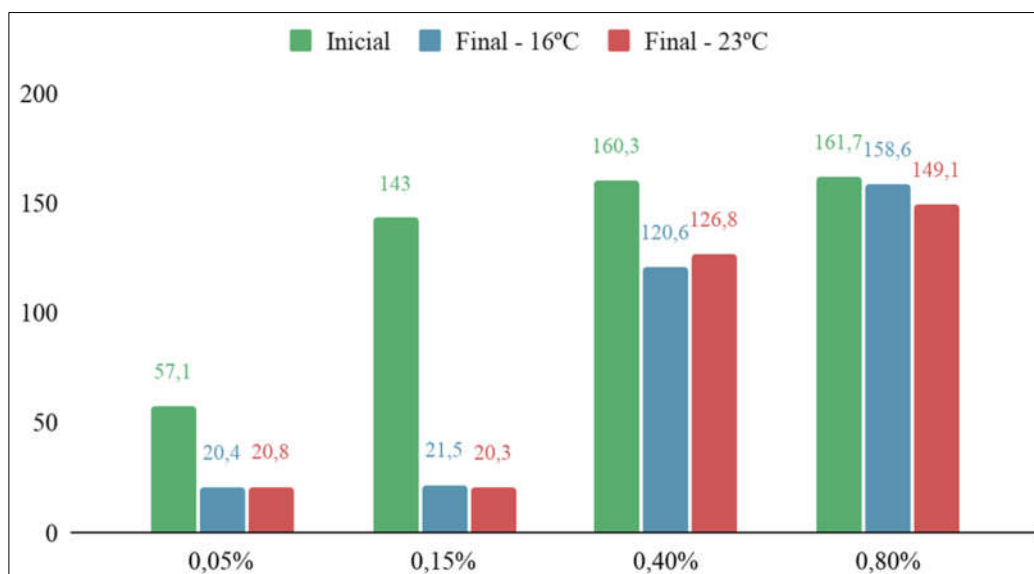
Concentrações iniciais de metilparabeno (mg/L)				
Repetições	0,05%	0,15%	0,40%	0,80%
1	57,0	141,6	159,3	161,9
2	57,4	143,4	159,9	160,8
3	57,4	142,6	161,8	161,9
4	56,8	144,5	160,1	162,2
Média	57,1	143,0	160,3	161,7

Tabela 17: Concentrações finais de metilparabeno em cada um dos quatro tratamentos nas respectivas temperaturas.

Concentrações finais de metilparabeno (mg/L)								
Repetições	16°C				23°C			
	0,05%	0,15%	0,40%	0,80%	0,05%	0,15%	0,40%	0,80%
1	19,8	21,9	120,0	158,4	21,0	21,9	126,8	149,3
2	20,5	22,1	120,6	157,3	21,5	18,0	127,1	148,9
3	20,5	20,8	121,1	157,5	20,3	20,7	125,4	148,7
4	20,9	21,0	121,0	161,2	20,5	20,7	128,0	149,7
Média	20,4	21,5	120,6	158,6	20,8	20,3	126,8	149,1

Ao final do experimento (Tabela 17) restaram-se: 35,72% de metilparabeno a 0,05% em 16°C e 36,42% em 23°C; 15,03% de metilparabeno a 0,15% em 16°C e 14,19% em 23°C; 75,23% de metilparabeno a 0,40% em 16°C e 79,10% em 23°C; 98,08% de metilparabeno a 0,80% em 16°C e 92,20% em 23°C. Logo, a menor concentração final foi em 0,15% e a maior em 0,80% (em ambas as temperaturas de incubação). Com a Figura 6 abaixo é possível visualizar a diferença por tratamento e temperatura com relação às concentrações iniciais e finais.

Figura 6: Concentrações iniciais e finais de metilparabeno (mg/100ml).



Percebeu-se que certa quantidade de metilparabeno pode ter sido biodegradada, especialmente a 0,15%, no qual se restou a menor concentração final. Estudos indicam que o metilparabeno pode ser biodegradado gerando derivados: (i) halogenados (GONZÁLEZ-

MARIÑO *et al.*, 2011), (ii) fenóis por degradação aeróbia (VALKOVA *et al.*, 2001) e (iii) transesterificação em um sistema de lodo ativado (JING LU & YI TU, 2018). Além disso, estudos sugerem que os microrganismos apresentam um papel fundamental na degradação do metilparabeno, especialmente em sistemas aeróbios (YANG WU *et al.*, 2017). De acordo com os resultados obtidos, o metilparabeno (0,15%) pode ter sido degradado nos bioensaios concomitantemente ao crescimento de *R. natans*.

Nas concentrações de 0,40% e 0,80% restou-se, praticamente, todo o metilparabeno que fora solubilizado. Luiz dos Anjos (2017) encontrou que a macrófita *Landoltia punctata* apresentou maior adsorção para metilparabeno (90,87%). Com isso, os resultados encontrados sugerem que *R. natans* pode ter adsorvido a porção de metilparabeno que não foi solubilizada (de 59,93% a 79,79%), afetando negativamente o seu crescimento.

Fernández (2020) salienta que o metilparabeno é o composto mais estudado entre os parabenos, uma vez que, como compilado pela autora, dez estudos encontraram concentrações do conservante em organismos marinhos, como o molusco *Mytilus galloprovincialis* que apresentou frequência de detecção em 67% (243 ± 24 ng/g) das amostras. Portanto, é possível que *R. natans* tenha absorvido o metilparabeno em seu sistema radicular (0,40% e 0,80%), inibindo os processos de absorção de elementos do meio requeridos para seu crescimento.

As três maiores concentrações utilizadas na presente pesquisa (0,15%; 0,40% e 0,80%) são maiores que as concentrações de metilparabeno utilizadas em outras pesquisas de análise toxicológica (PUERTA *et al.*, 2020; SILVA, 2015; SPADOTO, 2017). Entretanto, tais concentrações interferiram no crescimento da macrófita aquática *R. natans*.

O metilparabeno é o conservante antimicrobiano mais utilizado em produtos de higiene e cosméticos (SONI *et al.*, 2002). Contudo, dois estudos recentemente publicados encontraram grandes variações nas concentrações do composto: (i) concentração de 0,001% em protetores solares e extratos hidratantes de ácido hialurônico (LI *et al.*, 2020) e (ii) faixa de concentração 0,077% a 0,451% ao analisar-se produtos como creme para as mãos, creme corporal e espuma de banho (AMBARAK, 2020).

Rastogi *et al.* (1995) avaliaram 215 produtos cosméticos, nos quais a concentração máxima de metilparabeno encontrada foi 0,32%. Percebe-se, portanto, uma significativa variação das concentrações de metilparabeno encontradas nestes produtos. De acordo com os resultados obtidos nesse estudo, caso o metilparabeno esteja presente no ambiente aquático nas concentrações testadas (0,15%; 0,40% e 0,80%), ocorrerá interferência no crescimento de

R. natans, afetando negativamente a produção primária desse organismo em relação aos indivíduos com boas condições fisiológicas (THOMAZ & CUNHA, 2010).

Como o metilparabeno está presente nos corpos hídricos, dado a concentração máxima encontrada por Derisso (2017) em 2450 ng L⁻¹ (córregos Santa Maria Madalena, Gregório, Tijuco Preto, no Rio do Monjolinho e no esgoto bruto e tratado pela ETE Monjolinho), e, embora os parabenos apresentem biodegradação em 89 a 92% em 28 dias (MADSEN *et al.*, 2001), é importante que seja revista a concentração máxima permitida em produtos cosméticos para seu uso com base nos efeitos tóxicos potenciais para os organismos aquáticos.

Neste contexto, Puerta *et al.* (2020) indicaram duas concentrações de metilparabeno que possivelmente não apresentariam efeitos (*predicted no effect concentration*). Tais concentrações são de abordagem determinística e probabilística, resultantes em 5,7 µg/L e 65 µg/L, respectivamente. Contudo, essas concentrações são minimamente inferiores que as concentrações permitidas pela ANVISA (0,40% e 0,80%), situadas na Resolução RDC nº 29, de 1 de junho de 2012.

É preciso, portanto, conforme listado por Puerta *et al.* (2020), mais estudos científicos que façam testes com organismos de diferentes grupos ecológicos (por exemplo, macrófitas, invertebrados bentônicos e fungos) para salientar a concentração mínima que não apresenta efeitos tóxicos nos indivíduos. Na macrófita aquática *R. natans*, por exemplo, a concentração de 0,05% não apresentou interferências no crescimento dos indivíduos.

6. CONCLUSÕES

Conclui-se que as concentrações de 0,40% e 0,80% de metilparabeno indicadas na “Lista de Substâncias de Ação Conservante Permitidas para Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes” da Resolução RDC nº 29, de 1 de junho de 2012, apresentaram toxicidade aos indivíduos da macrófita aquática flutuante *R. natans*, independentemente da temperatura de incubação.

Embora os resultados a 0,15% tenham se diferenciado com relação ao indicador e a temperatura, na maioria das vezes, tal concentração interferiu no crescimento dos indivíduos. Todavia, a concentração de 0,05% não interferiu no crescimento dos indivíduos de *R. natans*. É possível assumir, então, que os indivíduos de *R. natans* fitorremediam concentrações iguais ou menores que a 0,05%.

Com relação à influência da temperatura, quando comparado os mesocosmos controle de 16°C e 23°C, conclui-se que o crescimento foi maior (15,39%) a 23°C, com coeficiente de crescimento médio dos indicadores em 0,013 dia⁻¹.

Nas maiores concentrações finais de metilparabeno (0,040% e 0,80%) foi provável que os indivíduos de *R. natans* tenham adsorvido a porção do conservante que não foi solubilizada, fazendo com que entrassem em senescência após a terceira semana experimental. Na menor concentração final (0,15%) presume-se que o metilparabeno foi biodegradado concomitantemente ao crescimento de *R. natans*. Na concentração a 0,05%, porção intermediária, é provável que o metilparabeno tenha sido parcialmente biodegradado concomitantemente ao crescimento de *R. natans*.

Ainda que o metilparabeno seja classificado como um componente de mínima preocupação toxicológica e/ou ambiental, a análise realizada (concentrações de 0,15%; 0,40% e 0,80%) indicou a contrariedade desta informação no crescimento de *R. natans*. Faz-se preciso, portanto, novos estudos acerca da concentração mínima de metilparabeno que não apresenta toxicidade às macrófitas aquáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBARAK, M. F. **Determination of methylparaben in some cosmetics and pharmaceuticals using liquid-liquid extraction and spectrophotometric technique.** Asian Journal of Green Chemistry. n. 4, p. 192-201, 2020.

ANVISA. **Resolução RDC nº 29, de 1 de junho de 2012.** Aprova o Regulamento Técnico Mercosul sobre “Lista de Substâncias de Ação Conservante permitidas para Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes”. 2012. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/3285739/RDC_29_2012_.pdf/c74fbb1a-c98b-4899-81ae-7ad9e18d807e>. Acesso em: julho. 2019.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia.** São Paulo: RiMa, Intertox. p. 322. 2003.

BIANCHINI Jr., I. *et al.* **Growth of *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle under controlled conditions.** Hydrobiologia. p. 301-312, 2010.

BHANDARI, T. *et al.* **Determination of Methyl Paraben from Cosmetics by UV Spectroscopy.** International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research. v. 59(1), n. 4, p. 17-21, 2019.

CHAMBERS, P. A. *et al.* **Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater.**

Hydrobiologia. p. 9-26, 2007.

DEMARCHI, L. O. *et al.* **Ecologia e guia de identificação: macrófitas aquáticas do Lago Amazônico.** Editora INPA. Manaus. p. 44, 2018.

DERISSO, C. R. **Análise de parabenos em amostras de água de rios e de esgoto sanitário da cidade de São Carlos/SP.** 2017. p. 68. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

DHIR, B. **Status of Aquatic Macrophytes in Changing Climate: A Perspective.** Journal of Environmental Science and Technology. v. 8, n. 4, p. 139-148, 2015.

FERNÁNDEZ, I. C. **Análisis, presencia y efectos de los parabenos en organismos marinos.** Trabajo de fin de máster. Máster en Oceanografía. Facultad de Ciencias del Mar – ULPGC. 2020

GIL, M. J. *et al.* **Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos.** Producción + Limpia. v. 7, n. 2, p. 52-73, 2012.

GIMENES, L. L. S. **Efeitos da temperatura e da contaminação de rejeito da mineração no crescimento e na fisiologia de Ricciocarpos natans (L.) Corda.** 2020. p. 117. Tese (Doutorado em Ciências, área de Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos.

GONZÁLEZ-MARIÑO, *et al.* **Evaluation of the occurrence and biodegradation of parabens and halogenated by-products in wastewater by accuratemass liquid chromatography-quadrupole-time-of-flight-mass spectrometry (LC-QTOF-MS).** Elsevier. Water Reserch. v. 45, p. 6770-6780, 2011.

GREGG, W. W.; ROSE, F. L. **The effects of aquatic macrophytes on the stream microenvironment.** Aquatic Botany. v. 14, p. 309-324, 1982.

LI, J. *et al.* **Analysis of methylparaben in cosmetics based on a chemiluminescence H₂O₂-NaIO₄-CNQDs system.** Luminescence. p. 1-6, 2020.

JING LU, H. L.; YI TU, Z. Y. **Biodegradation of four selected parabens with aerobic activated sludge and their transesterification product.** Elsevier. Ecotoxicology and Environmental Safety. v. 156, p. 48-55, 2018.

KOČIĆ, A.; HENGL, T.; HORVATIĆ, J. **Water nutrient concentrations in channels in relation to occurrence of aquatic plants: a case study in eastern Croatia.** Hydrobiologia. p. 253-266, 2008.

KRONESTEDT, E. **Anatomy of *Ricciocarpus natans* (L.) Corda, Studied by Scanning Electron Microscopy**. *Annals of Botany*. v. 47, n. 6, p. 817-827, 1981.

LUIZ DOS ANJOS, M. **Avaliação do processo de remoção de fármacos e parabenos de esgoto doméstico em sistema de tratamento baseado em lagoas de lamas**. 2017. p. 131. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

LUIZETE, M. F. **Parabenos em água superficial: estudo analítico e aplicação em amostras ambientais**. 2013. p. 76. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista.

MADSEN, T. *et al.* **Environmental and health assessment of substances in household detergents and cosmetic detergent products**. 2001. Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, Denmark. Disponível em: <<https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2001/87-7944-596-9/pdf/87-7944-597-7.pdf>>. Acesso em: novembro. 2019.

MAPA/ANVISA/IBAMA. **Instrução Normativa Conjunta nº 1, de 18 de abril de 2013**. Instrução Normativa Conjunta Mapa, Anvisa e Ibama sobre alteração de formulação de agrotóxicos e afins. 2013.

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.

National Center for Biotechnology Information. **PubChem. Compound Summary for CID 7456, Methylparaben**. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Methylparaben>>. Acesso em: Nov. 17, 2020.

OLESEN, B.; MADSEN, T. V. **Growth and physiological acclimation to temperature and inorganic carbon availability by two submerged aquatic macrophyte species, *Callitriche cophocarpa* and *Elodea canadensis***. *Functional Ecology*. v. 14, p. 252–260, 2000.

OLIVEIRA, T. M. A. **Análise de fármacos e metilparabeno em amostras de água do Rio Itapecuru (MA), do Rio Mogi Guaçu (SP) e do Rio Monjolinho e seus tributários (SP)**. 2017. p. 138. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Programa Internacional de Segurança Química. Substâncias químicas perigosas à saúde e ao ambiente**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2008.

PARK, S. & CHO, K-H. **Nutrient leaching from leaf litter of emergent macrophyte (*Zizania latifolia*) and the effects of water temperature on the leaching process.** Korean Journal of Biological Sciences. n. 7, p. 289-294, 2003.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Florestas. p. 69, 2011.

POPA, D. S. *et al.* **Study of oxidative stress induction after exposure to bisphenol A and methylparaben in rats.** Farmacia. v. 59, n. 4, p. 539-549, 2011.

PRESS, W. H. *et al.* **Numerical recipes in C: the art of scientific computing.** New York: Cambridge University Press. p. 994, 1993.

PUERTA, Y. T. *et al.* **Toxicity of methylparaben to green microalgae species and derivation of a predicted no effect concentration (PNEC) in freshwater ecosystems.** Elsevier. Ecotoxicology and Environmental Safety. v. 188, p. 1-8, 2020.

QUINTANA, Y. T. P. **Uso de modelos matemáticos para estimar a toxicidade dos PPCPs metilparabeno e diclofenaco para diferentes espécies de microalgas verdes.** 2019. p. 148. Dissertação (Mestrado em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Rio Grande.

RASTOGI, S. C. *et al.* **Contents of methyl-, ethyl-, propyl-, butyl- and benzylparaben in cosmetic products.** Contact Dermatitis. v. 32, n. 1, p. 28-30, 1995.

RIAL, B. A; LASSO, C. ***Ricciocarpus natans* (L.) Corda (Ricciaceae) in Venezuela: taxonomical and habitat observations.** Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. n. 149, 1998.

SANKHLA, M. S. *et al.* **Heavy metals contamination in water and their hazardous effect on human health - A Review.** International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, v. 5, n. 10, p. 759-766, 2016.

SANTOS, M. G.; CUNHA-SANTINHO, 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.

SILVA, D. C. **Análise de parabenos em amostras de água de cultivo de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e efeitos em biomarcadores bioquímicos.** 2015. p. 90. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física e Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

SPADOTO, M. **Avaliação dos efeitos dos parabenos sobre organismos aquáticos e comparação de sensibilidade de espécies**. 2017. p. 112. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

SONI, M. G. *et al.* **Evaluation of the health aspects of methyl paraben: a review of the published literature**. Food and Chemical Toxicology. v. 40, p.1335–1373, 2002.

TAIT, L. W.; SCHIEL, D. R. **Impacts of Temperature on Primary Productivity and Respiration in Naturally Structured Macroalgal Assemblages**. PLoS ONE. v. 8, n. 9, 2013.

THOMAZ, S. M.; CUNHA, E. R. **The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity**. Acta Limnologica Brasiliensia. v. 22, n. 2, p. 218-236, 2010.

USEPA, U. S. E. P. A. **Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling**. 2o edição. [S. l.: s. n.], 1985.

VALKOVA, N. *et al.* **Hydrolysis of 4-Hydroxybenzoic Acid Esters (Parabens) and Their Aerobic Transformation into Phenol by the Resistant Enterobacter cloacae Strain EM**. American Society for Microbiology. v. 67, n. 6, p. 2404-2409, 2001.

WARFE, D. M.; BARMUTA, L. A. **Habitat structural complexity mediates food web dynamics in a freshwater macrophyte community**. Oecologia. v. 150, p. 141–154, 2006.

YANG WU *et al.* **Comparative studies of aerobic and anaerobic biodegradation of methylparaben and propylparaben in activated sludge**. Elsevier. Ecotoxicology and Environmental Safety. v. 138, p. 25-31, 2017.