CRESCIMENTO DE *EGERIA DENSA* SUBMETIDOS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ÓLEO DIESEL

[1] Alana Moraes Scardovelli
[2] Irineu Bianchini Júnior
[3] Marcela Bianchessi da Cunha Santino

Água, recursos hídricos e drenagem urbana

Resumo

O petróleo é uma substância composta por hidrocarbonetos, sendo o óleo diesel um exemplo amplamente utilizado. O óleo diesel pode atingir ambientes naturais e causar impactos negativos. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de óleo diesel S10 no crescimento de uma macrófita aquática submersa (*Egeria densa*). A hipótese deste estudo é que *E. densa*, quando exposta ao óleo diesel S10, terá seu crescimento afetado, o que resultará na diminuição de seus coeficientes de crescimento. Fragmentos de *E. densa* foram plantados em copos plásticos de polipropileno, contendo substrato de fixação recobertos por cascalho. Para cada tratamento, sete fragmentos foram distribuídos aleatoriamente nos bioensaios. Após esse período, soluções de óleo diesel S10 nas concentrações de 0,5% (v/v), 2% (v/v) e 4% (v/v) foram adicionadas aos bioensaios, formando os tratamentos T0,5, T2 e T4, respectivamente. A avaliação do crescimento foi realizada semanalmente durante oito semanas. Os crescimentos de *E. densa* nos tratamentos T2 ($p < 0,05$) e T4 ($p < 0,001$) foram significativamente diferentes do controle. Os resultados sugerem a ocorrência de efeitos crônicos na fisiologia das plantas ou efeitos indiretos causados pela modificação das condições prevalentes de crescimento. A presença de óleo diesel S10 alterou os parâmetros de crescimento a partir da 7ª semana, com alterações severas no crescimento, especialmente nos tratamentos T2 e T4, tornando as condições desses ambientes desfavoráveis ao crescimento das plantas, o que resultou em clorose e morte das macrófitas.

Palavras-chave: macrófita; modelagem matemática; crescimento; bioensaio; contaminante.

[1] Universidade Federal de São Carlos/DHb. alana.scardovelli@estudante.ufscar.br
[2] Universidade Federal de São Carlos/ DHb. irineu@ufscar.br
[3] Universidade Federal de São Carlos/ DHb. cunha_santino@ufscar.br

INTRODUÇÃO

O petróleo é uma substância originada a partir da matéria orgânica que se acumulou ao longo de muitos anos, em rochas sedimentares, em um meio livre de oxigênio, sob condições específicas de temperatura (THOMAS et al., 2001). É majoritariamente composto por hidrocarbonetos alcanos, contendo também pequenas parcelas de hidrogênio, nitrogênio, enxofre e oxigênio (CORRÊA, 2003). Um exemplo

de hidrocarboneto de petróleo com utilização em larga escala atualmente é o óleo diesel, que é amplamente utilizado em motores de combustão interna e ignição por pressão, geradores de energia, veículos ferroviários, rodoviários e marítimos (GODOI, 2022; ANP, 2024). Sua toxicidade é proveniente dos hidrocarbonetos policondensados, substância com dois anéis aromáticos fundidos em uma única estrutura, tais como antraceno, pireno, fenantreno, entre outros.

O óleo diesel pode chegar até ambientes naturais de diversas formas. Em 2023, ocorreu um acidente envolvendo um caminhão tanque, que levava uma carga de óleo diesel, ocasionando o vazamento de 35 mil litros do produto, que acabou chegando até o lago do Parque Botânico Jardim Tulipas, no município Jundiaí, em São Paulo (TOMAZELA, 2023). Devido à contaminação dos ambientes aquáticos por acidentes com derramamento de derivados de petróleo ou pela liberação de óleo de embarcações, é necessário estudar os efeitos desses contaminantes no crescimento das plantas aquáticas. Considerando a importância ecológica desses vegetais nos ambientes lóticos e lênticos, esse estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes concentrações de óleo diesel S10 no crescimento e taxa fotossintética de uma macrófita aquática submersa (*Egeria densa*). A hipótese desse estudo é que a *E. densa* quando exposta ao óleo diesel S10, terá o desenvolvimento afetado, diminuindo consequentemente, seus coeficientes de crescimento.

METODOLOGIA

Os bioensaios de crescimento de *E. densa* foram preparados em béqueres de borossilicato transparente com capacidade para 2,0 L. Os fragmentos de *E. densa* foram plantados em copos plásticos de polipropileno, com capacidade de 30 ml, contendo o substrato de fixação, recoberto por cascalhos. Para cada tratamento 7 fragmentos (i.e, hastes plantadas) foram distribuídas aleatoriamente nos bioensaios. Após esse período, soluções de óleo diesel S10 de 0,5% (v/v); 2% (v/v) e 4% (v/v) foram inseridas nos bioensaios para compor os tratamentos (T0,5; T2 e T4). Os bioensaios foram mantidos em estufa coberta com filme difusor multicamada de polietileno de baixa densidade (espessura: 75 micrômetros) com proteções UV e antioxidantes, além de aditivos que distribuem a luz ($4{,}31 \times 10^{-3}$ µmol sec^{-1} cm^{-2} de intensidade luminosa) uniformemente

dentro da estufa, fotoperíodo de 12 h/12 h claro:escuro e com temperatura média de 25,0 ± 2ºC.

A avaliação do crescimento foi realizada semanalmente, durante o período de 8 semanas. Semanalmente, o comprimento das hastes foi determinado com régua milimetrada (escala de 1 mm). Os números de brotos foram contabilizados e somados ao comprimento total. Com base nas medições dos comprimentos acumulados, foi determinada a cinética de crescimento de *E. densa* de acordo com o modelo logístico (BIANCHINI JR. et al., 2010). A normalidade dos resultados foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk, que confirmou a normalidade em todos os tratamentos. Assim, foi realizada uma análise paramétrica de ANOVA de um fator, seguida pelo pós-teste de Tukey, para verificar a ocorrência de diferenças significativas ($p > 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação dos comprimentos de *E. densa* nos quatro tratamentos é mostrada na Figura 2. O crescimento de *E. densa* nos T2 e T4 foram significativamente diferentes de TC ($p < 0,05$ e $p < 0,001$, respectivamente). Os boxplots (Figura 1) apresentam a variação no comprimento (em cm) de *E. densa* em função dos tratamentos: (TC; T0,5; T2 e T4). A linha horizontal dentro de cada caixa representa a mediana; assim, o TC apresentou a menor mediana, indicando menor crescimento entre os tratamentos. Os T0,5; T2 e T4 apresentaram medianas maiores em relação ao TC, indicando que concentrações de óleo diesel S10 promoveram um maior crescimento. O TC apresentou a menor variabilidade no crescimento. Entretanto, nos T0,5; T2 e T4 observou-se maior variabilidade, com T4 apresentando a maior amplitude interquartil; assim, o T4 apresentou o maior comprimento máximo (ca. 35 cm), enquanto TC mostrou valores de comprimento máximo mais baixos (ca. 20 cm).

Entre os dados de comprimento, observou-se um outlier (i.e., ponto isolado) no tratamento TC, representando um valor atípico acima do intervalo interquartil. De acordo com a interpretação dos boxplots, o TC apresentou menor crescimento de *E. densa*, com menor variabilidade. Em contrapartida, os T0,5; T2 e T4 aumentaram a variação no comprimento, com destaque para T4, que teve o maior comprimento máximo e maior variabilidade nos dados. Esses resultados sugerem que o óleo diesel S10 apresentou

um efeito positivo no crescimento da planta; entretanto, nas maiores concentrações houve o estiolamento das hastes e a clorose.

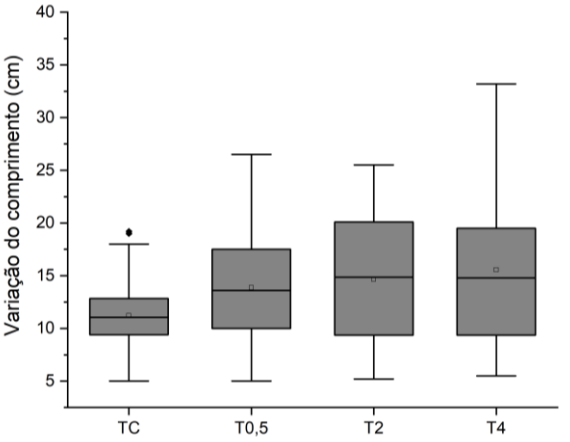

Figura 1 – Boxplot das variações dos comprimentos de *Egeria densa* nos distintos tratamentos.

Na Figura 2 apresentam-se as variações temporais do crescimento de *E. densa* submetidas ao tratamento controle (sem adição de óleo diesel S10 - TC) e em três concentrações de óleo diesel S10 (T0,5; T2 e T4). Sem considerar os resultados a partir do 49º dia, dos tratamentos com as maiores concentrações de óleo diesel S10 (T2 e T4), nos quais as plantas apresentaram crescimento anômalo (semelhante ao efeito de estiolamento e clorose), os ajustes dos resultados de comprimento acumulado (Tabela 1) a curva logística indicaram que na presença de contaminante, os coeficientes de crescimento (μ) foram menores que no controle, tendendo a diminuir conforme aumentou a concentração de óleo diesel. Por sua vez, os tempos de duplicação (td) aumentaram; TC: 7,6 dias; T0,5: 27,3 dias; T2: 8,6 dias e T4: 10,4 dias.

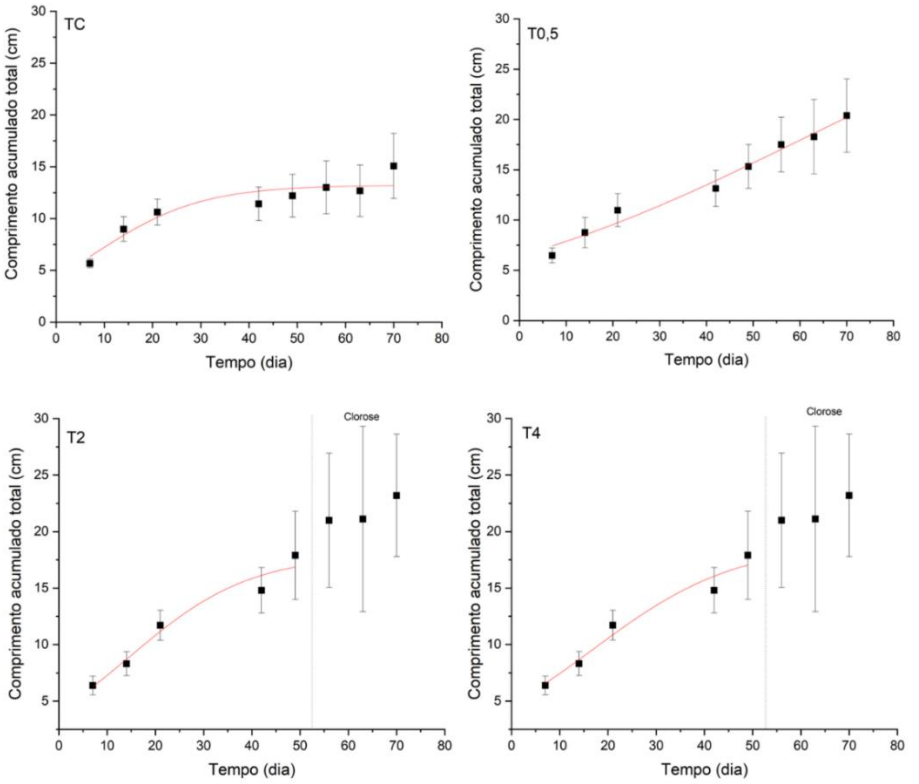

Figura 2 – Variações dos comprimentos de *Egeria densa* nos distintos tratamentos.

Por outro lado, os valores acumulados de crescimento aumentaram conforme aumentaram as concentrações de óleo (K-T0,5: 35,9 cm; K-T2: 17,9 cm e K-T4: 19,1 cm). Assim, na presença de óleo plantas cresceram mais devagar; contudo, cresceram mais (Tabela 1) conforme mostra os valores de μ (dia^{-1}). Assim, o TC apresentou o maior coeficiente de crescimento; entretanto, encerrou o menor comprimento. As hastes de *E. densa* no controle não apresentaram estiolamento.

Tabela 1 - Parâmetros do crescimento de *Egeria densa* em meios com diferentes concentrações de óleo diesel S10.

Tratamentos	**μ (dia^{-1})**	**K (cm)**	**td (d)**	**r^2**
TC	0,091	13,2	7,6	0,88
T0,5	0,025	35,9	27,3	0,97
T2	0,080	17,9	8,6	0,96
T4	0,066	19,1	10,4	0,96

Os resultados sugerem a ocorrência de efeito crônico do óleo diesel na fisiologia das plantas, ou efeitos indiretos por modificação das condições prevalentes de

crescimento (e.g., alterações das disponibilidades de elementos, gases dissolvidos e luz, aumento da viscosidade). Contudo, é evidente que a presença de óleo interferiu nos parâmetros de crescimento das plantas (Tabela 1). Porém, a partir da 7ª semana, alguma alteração nos meios com concentrações mais elevadas (provavelmente a degradação do óleo diesel S10) fez com que as condições predominantes dessas culturas fossem desfavoráveis para o crescimento, gerando clorose e morte. No caso da degradação, é possível que subprodutos gerados (ou resíduos das moléculas originais) tenham manifestado efeito tóxico sobre o crescimento de *E. densa*. Houve diferenças significativa ($p < 0,01$) entre os tratamentos com óleo diesel S10 (T2 e T4) em relação ao TC e T0,5.

Ao analisar os diagramas de caixas da biomassa seca final (figura 3), observa-se que a menor concentração de óleo diesel S10 gerou um efeito positivo no crescimento e na biomassa de E. densa, visto que esse tratamento apresentou a maior mediana em relação ao TC. Em contrapartida, concentrações mais elevadas de óleo diesel (T2 e T4) geraram um efeito adverso nas macrófitas, resultando em menor biomassa por centímetro, especialmente no T4.

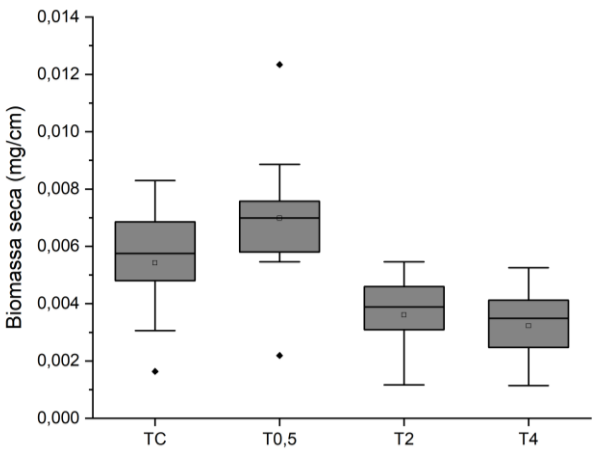

Figura 3: Diagramas de caixas das biomassas secas de *Egeria densa* (70º dia experimental).

Embora a menor concentração de óleo diesel aparenta ter estimulado o crescimento da E. densa, observou-se um crescimento anômalo nos tratamentos T2 e T4, pois estes apresentaram menor biomassa, apesar do maior comprimento final. Esse crescimento acelerado pode estar associado ao aumento da turbidez da água observado a partir da 6ª semana, o que reduziu a radiação subaquática disponível para

a fotossíntese, gerando estiolamento. Contudo, esse estiolamento não foi observado no tratamento T0,5, indicando um efeito positivo no desenvolvimento da E. densa. Resultados semelhantes foram observados em outros estudos, como o de Wanderley et al. (2020), onde a menor concentração de dodecil sulfato de sódio também favoreceu o crescimento da espécie.

Esse estímulo pode estar relacionado ao estresse causado pelo contaminante, o que gera alterações fisiológicas devido a condições ambientais desfavoráveis (Larcher, 2003). Esse estresse pode reduzir crescimento e produtividade, levando a respostas defensivas ou adaptativas (Fodorpataki et al., 2001), o que pode ser observado no aumento do tempo de duplicação da biomassa nos tratamentos T2 e T4 em relação ao TC (Tabela 1), além da clorose e morte de plantas na 7ª semana de exposição ao contaminante. Vale ressaltar que, assim como ocorreu nos tratamentos T2 e T4, esse estresse se prolongado pode afetar negativamente a planta, ocasionando por consequência, efeitos deletérios no ecossistema onde esteja inserida, devido a importância das macrófitas na cadeia alimentar e formação de substrato em ambientes aquáticos (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008).

Em relação aos efeitos observados de derivados de petróleo em diferentes macrófitas aquáticas, um experimento utilizando óleo de motor demonstrou uma redução do comprimento de brotos em três espécies de macrófitas submersas (*Potamogeton gramineus, Myriophyllum spicatum e Ceratophyllum demersum*), conforme o aumento das concentrações foram testadas (ÖZBAY, 2016). O óleo diesel também apresentou uma série de efeitos adversos em indivíduos de *Eichhornia crassipes*, ocasionando desde pequenas alterações no comprimento do caule e da raiz até mudanças drásticas na altura das plantas; também foram relatadas alterações morfológicas a partir do 6º de exposição ao contaminante (EGUAGIE; UNAH, 2021).

CONCLUSÕES

Os resultados de crescimento de *E. densa* mostraram que a presença de óleo diesel S10 alterou os parâmetros de crescimento. A partir da 7ª semana, observaram-se alterações severas no crescimento, nos meios com concentrações mais elevadas (T2 e T4) o que tornou as condições desses ambientes desfavoráveis para o

crescimento das plantas, resultando em clorose e morte.

REFERÊNCIAS

ANP (Brasil). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Óleo Diesel. In: ANP (Brasil). **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.** Gov.br, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural/oleo-diesel. Acesso em: 28 jan. 2025.

BIANCHINI JR., I.; CUNHA-SANTINO, M. B.; MILAN, J. A. M.; RODRIGUES, C. J.; DIAS, J. H. P. Growth of *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle under controlled conditions. **Hydrobiologia,** v. 644, p. 301-312, 2010.

FODORPATAKI, L., MARTON, A. L., CSORBA, T. L. Stress-physiological investigation of algal cell cultures in polluted media. **Contribulii Botanice,** v. XXXVI, p. 101-108, 2001.

GODOI, L. **Química do petróleo e seus derivados.** Curitiba, InterSaberes, 2022.

CORRÊA, S. **Petróleo: noções sobre exploração, perfuração, produção e microbiologia.** Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

EGUAGIE, M. O.; UNAH, J. A. Impact of kerosene, diesel and gasoline treatments on the morphology, growth indices and plant based component of an aquatic macrophyte Eichhornia crassipes. **NIPES - Journal of Science and Technology Research,** v. 3, n. 4, p. 109–118, 2021.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology. Ecophysiology and stress physiology of the functional groups**. Heidelberg: Springer Berlin, 2003.

ÖZBAY, H. The effects of motor oil on the growth of three aquatic macrophytes. **Acta Ecologica Sinica**, v. 36, n. 6, p. 504-508, 2016.

TOMAZELA, J. M. Óleo diesel que vazou em acidente na Bandeirantes atinge lago de parque público em Jundiaí. **Estadão,** [S. l.], 2 nov. 2023. Disponível em: https://www.estadao.com.br/sao-paulo/rodovia-dos-bandeirantes-acidente-com-vazamento-de-35-mil-litros-de-diesel-interdita-pista-nprm/. Acesso em: 02 fev 2025.

THOMAS, J. E. et al. **Fundamentos de engenharia de petróleo.** Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.