

# Fitoquímica de *Lemna aequinoctialis* Welw. Cultivada em Comparação com Espécimes de Vida Livre

## Phytochemistry of Cultivated *Lemna aequinoctialis* Welw. Compared with Free-Living Specimens

Juliete da Silva Paes<sup>a</sup>; Rosemary Matias<sup>b</sup>; Ademir Kleber Morbeck de Oliveira<sup>ab</sup>; Lucas Cazati<sup>c</sup>; Maria Júlia de Oliveira Rosa Fonseca<sup>d</sup>; Marcos Barbosa Ferreira<sup>ad</sup>

<sup>a</sup>Universidade Anhanguera Uniderp, Programa de Pós-Graduação em Agronegócio Sustentável. MS, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade Anhanguera Uniderp, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. MS, Brasil.

<sup>c</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. MS, Brasil.

<sup>d</sup>Universidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação em Biociência Animal. MT, Brasil.

\*E-mail: majuh.rosa@gmail.com

### Resumo

O objetivo do presente trabalho foi determinar o perfil fitoquímico de *Lemna aequinoctialis* Welw., proveniente de dois ambientes diferentes: amostras cultivadas em bandejas, adubadas e amostras obtidas em um açude. As amostras foram processadas para a extração química em meios etanólico e aquoso no Laboratório de Química de Produtos Naturais da Anhanguera-Uniderp. Os resultados qualitativos foram expressos na forma de porcentagens, enquanto os quantitativos foram avaliados por meio de ANOVA ( $P < 0,05$ ) e teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Qualitativamente, foram identificados compostos fenólicos, taninos e flavonoides em maior intensidade. As cumarinas e açúcares redutores apresentaram maior intensidade no extrato etanólico. As saponinas, triterpenos e esteroides revelaram menor intensidade. Não foram identificados alcaloides, antocianinas e antraquinonas livres. Observaram-se pH neutro ou próximo do neutro nas amostras provenientes de açude com diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre os extratos etanólicos e bandeja. A condutividade foi maior ( $P < 0,01$ ) nas amostras provenientes do açude, nos dois extratos, o mesmo ocorrendo com os flavonoides. Os compostos fenólicos apresentaram maiores quantidades ( $P < 0,01$ ) nas amostras provenientes dos extratos aquosos. A presença de cumarinas, taninos e triterpenoides esteroidais em *L. aequinoctialis*, já foi relatada na literatura, corroborando os achados do presente estudo. No entanto, a identificação de compostos fenólicos e flavonoides é inédita, evidenciando a importância de se ampliarem os estudos das *Lemna* spp. presentes no Brasil e em suas diferentes regiões geográficas e formas de cultivo, melhorando o conhecimento do potencial econômico dessas, com o intuito de desenvolvimento econômico-social brasileiro.

**Palavras-chave:** Lemnaceae, Lentilha d'água. Indústria Farmacêutica. Metabólitos Secundários.

### Abstract

The aim of the present work was to determine the phytochemical profile of *Lemna aequinoctialis* Welw., originating from two different environments: samples grown in fertilized trays, and free-living samples, obtained from a water reservoir, in Campo Grande, Mato Grosso do Sul. The samples were processed for chemical extraction ethanolic and aqueous media at the Natural Products Chemistry Laboratory at Anhanguera-Uniderp. Qualitative results were expressed as percentages, while quantitative results were evaluated using ANOVA ( $P < 0.05$ ) and Tukey's test ( $P < 0.05$ ). Qualitatively, phenolic compounds, tannins and flavonoids were identified in greater intensity. Coumarins and reducing sugars showed greater intensity in the ethanolic extract. Saponins, triterpenes and steroids showed lower intensity. No free alkaloids, anthocyanins and anthraquinones were identified. Neutral or close to neutral pH was observed in samples from reservoirs with significant differences ( $P < 0.01$ ) compared to ethanol extracts from trays samples. Conductivity was higher ( $P < 0.01$ ) in samples from the reservoir, in both extracts, the same occurring with flavonoids. The phenolic compounds showed higher amounts ( $P < 0.01$ ) in the aqueous extract samples. The presence of coumarins, tannins and steroidal triterpenoids in *L. aequinoctialis* has already been reported in the literature, which was corroborated by the findings of the present study. However, the identification of phenolic compounds and flavonoids was an unprecedented finding, highlighting the importance of expanding studies on *Lemna* spp. present in Brazil and its different geographic regions, providing knowledge of their economic potential, with the aim of Brazilian economic-social development.

**Keywords:** Lemnaceae. Duckweed. Pharmaceutical Industry. Secondary Metabolites.

## 1 Introdução

As *Lemna* spp., conhecidas como lentilhas de água, são plantas aquáticas flutuantes estudadas em função de sua simplicidade estrutural, eficiência na fotossíntese, rápida taxa de reprodução e versatilidade em aplicações ambientais e agrícolas (Al-Snafi, 2019), consideradas as menores plantas com flores do Mundo, podendo medir de 2 a 4 mm, com crescimento e proliferação muito veloz, podendo chegar a aumento na população de 40% a cada 24 horas (Arroyave, 2004; Campos Torres, 2022), encontradas principalmente em lagos e rios calmos (Maldonado, Terrazas; Vilca, 2022).

O valor nutricional dessas plantas é comparável ao de fontes de proteínas convencionais como a soja, podendo, em algumas espécies, chegar a conter 45% de proteína. Essas possuem baixas taxas de gorduras, e contêm vitamina A, C, do complexo B e minerais como Fe, Mg e Ca, o que as posiciona como um alimento potencial para complementar dietas humanas e animais com nutrientes fundamentais (Campos Torres, 2022; Liu *et al.*, 2021; Xu *et al.*, 2023).

Além da alimentação humana e animal, as lentilhas de água também são utilizadas como bioindicadoras de ambientes antropizados, na biorremediação, por absorverem

metais pesados de coleções de água, como adubo orgânico e produção de etanol revelando um bom potencial de uso de seus metabólitos secundários na indústria químico-farmacêutica (Baek; Saeed; Choi, 2021).

Os metabólitos secundários têm sido de grande importância para a indústria farmacêutica, cosmética, agrícola e alimentícia. Esses são produzidos pelas plantas como adaptação ao estresse ambiental, defesa contra predadores e agentes patológicos (Sánchez, 2022). Esses metabólitos compreendem os compostos fenólicos, taninos, flavonoides, alcaloides, antocianinas, amido, açúcares redutores, esteroides, terpenos, saponinas, antraquinonas, cumarinas entre outros (Twaij; Hasan, 2022), conferindo ações farmacológicas como, por exemplo, a atividade antioxidante de determinados fitoterápicos (Sánchez, 2022).

Apesar da atenção da comunidade científica internacional por essas plantas, pouco é estudado sobre a composição de metabólitos secundários da *Lemna* spp. no Brasil. Assim, no presente estudo, foram avaliadas amostras de lentilha de água da espécie *L. aequinoctialis* Welw. (sin. *L. paucicostata* Hegelm) de ocorrência natural na região tropical (Lourenço; Bove, 2019; Bog; Appenroth; Sree, 2020; Tippery; Les, 2020) e Pantanal (Pott; Pott, 2000), provenientes de duas fontes de cultivo, uma de vida livre, oriunda de açude e outra cultivada em bandejas.

Os objetivos foram identificar os metabólitos secundários presentes na planta e se a diferença entre os meios de cultivo tem influência no perfil químico e nos potenciais antioxidantes de *L. aequinoctialis* Welw., compreendendo seus potenciais alimentícios e ou farmacológicos.

## 2 Material e Métodos

As amostras de *L. aequinoctialis* Welw. foram obtidas de uma mesma fonte, colhida em um açude situado na Fazenda Escola Três Barras, Anhanguera-Uniderp, município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul 20° 33'45,23"S 54°32'16,87"O, cuja água possuía pH 6,21 ± 0,03, condutividade 51 ± 3,47 µS/cm e dureza total de 120 ± 0,0 mg/L à coleta.

A confirmação da espécie (Figura 1) foi realizada utilizando-se chaves de indentificação disponíveis sobre a espécie (Bog; Appenroth; Sree, 2020; Gupta *et al.*, 2021; Pott; Cervi, 1999), indicando-se tratar da *Lemna aequinoctialis* Wellwitsch (sin. *L. paucicostata* Hegelm).

**Figura 1** - Fotografia de *Lemna aequinoctialis* Welw., coletada em açude e cultivada em bandejas, utilizada na avaliação fitoquímica dos extratos etanólicos e aquosos do presente trabalho



Fonte: dados da pesquisa.

Porções de amostras colhidas no açude foram cultivadas em bandeja de PVC com volume de 60x40x15 cm, mantida em área coberta, à temperatura média de 29 ± 5 °C, com circulação livre de ar, sob iluminação indireta solar, contendo água filtrada com pH 6,91 ± 0,06, condutividade de 9,61 ± 0,82 µS/cm e dureza total de 100 ± 0,0 mg/L.

Para o cultivo em bandeja, foram adicionados o total de 3 mL / 10 L de três formulações diferentes de fertilizantes comerciais para aquário plantado (Mbreda Indústria e Comércio Aquapaisagismo LTDA, Sorocaba, SP, Brasil), sendo 1mL / 10 L de fertilizante líquido à base de macronutrientes NPK para (Macro Plus NPK®), 1mL / 10 L de Nutriente Ferro Fe<sub>2</sub><sup>+</sup> quelatado e 1mL / 10 L de Nutriente MicroNutri Mi® (Quadro 1), estritamente conforme a indicação do fabricante.

**Quadro 1** - Composições minerais dos fertilizantes comerciais para aquário plantado, utilizados na bandeja de cultivo de *Lemna aequinoctialis* Welw. –

Composição Mineral (%)	Produtos Comerciais		
	Macro Plus NPK®	Nutriente MicroNutri Mi®	Nutriente Ferro Fe <sub>2</sub> <sup>+</sup> + 9 % de quelante
N	0,57	...	...
P	1,14	...	...
K	3,42	0,40	...
S	0,25	2,10	...
Mg	0,17	0,45	...
Fe	0,01	0,10	1,00
Zn	0,0048	1,00	...
Cu	0,0048	0,01	...
B	0,0029	0,01	...
Mn	0,0038	1,10	...
Mo	0,0001	0,05	...

Fonte: Mbreda Indústria e Comércio Aquapaisagismo.

A coleta das amostras de *L. aequinoctialis* foi realizada após 15 dias de crescimento retirando-se, aproximadamente, 95% do material vegetal flutuante existente no cultivo, sofrendo repetidas lavagens em água filtrada a 25 °C para remoção de detritos orgânicos e inorgânicos, que poderiam estar associados à amostra. Em seguida, os espécimes foram dessecados em estufa com circulação de ar a 45 ± 2 °C até peso constante e, posteriormente, foram pulverizadas em liquidificador.

### 2.1 Preparação dos extratos e análise química

Os extratos aquosos (Ex.H<sub>2</sub>O) e etanólicos (Ex.EtOH) foram preparados a partir de 15 g do pó das amostras de *L. aequinoctialis* de cada fonte, do açude e cultivados em bandejas. Para os extratos Ex.H<sub>2</sub>O foi utilizada água ultrapura, com condutividade elétrica 0,00 µS/cm e, para os extratos Ex.EtOH, utilizou-se de álcool etílico absoluto P.A (Synth 99,5%).

Para o processo de extração dos quatro extratos foi utilizado banho de ultrassom (Unidque®, 1450) por 60

minutos, seguido de maceração estática em cada solvente, com temperatura ambiente de 27 a 35 °C. Diariamente, as soluções foram filtradas e o solvente evaporado em rotaevaporador (Tecnal®, MA120) sob pressão reduzida, à temperatura de 45 ± 5 °C, o procedimento foi repetido por 10 dias. A secagem final, para obter os 4 extratos brutos, ocorreu em dessecador à pressão reduzida.

Parte dos extratos brutos de Ex.H<sub>2</sub>O e Ex.EtOH foi submetida à análise fitoquímica pela via úmida, para detecção dos compostos fenólicos (reações de precipitação: cloreto férrico a 2%; acetato de chumbo a 10% e acetato de cobre a 4%), taninos (reações de precipitação: sais de ferro e precipitação de proteínas), flavonoides (reação de cianidina e ácido sulfúrico), antocianinas, e flavonoides (presença de coloração em pH 2-3, 7, 8-9 e 11), flavonas, flavonóis, cumarinas (observação sob a luz ultravioleta), antraquinonas (reação ácido/base), triterpenos e esteróides (reação de Liebermann-Burchard), saponinas (presença de espuma e reação de Liebermann-Burchard), índice de espuma, iridoídes (cloreto de antimônio e anisaldeído-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e açúcares redutores pela reação de Benedict; os resultados de açúcares redutores foram confirmados com a determinação de sólidos solúveis em graus Brix (°Bx) (Harborne, 1998; Matos, 2009; Simões *et al.*, 2017). Para a análise de saponinas foi utilizado 1 g da folha seca para estimar o teor de saponinas, segundo Schenkel, Gosmann e Athayde (2017).

A análise dos resultados foi realizada a partir da observação da intensidade e cor e/ou precipitação que é um indicativo da elevada concentração de uma das classes de metabólitos secundários nos extratos Ex.H<sub>2</sub>O e Ex.EtOH e comparados e contrastado com o extrato original. Para a leitura dos resultados foi utilizada a tabela de cores e/ou de valores de precipitação registrados por Fontoura *et al.* (2015). Assim, para amostras com intensa cor e/ou precipitação, foi denominada alta intensidade (+++), fortemente positiva (++±), positivo (++), parcialmente positivo (+±), fracamente positiva (+) e discreta (turbidez) (±), anotada dessa forma, quando houvesse apenas turvação e/ou alteração parcial de cor. A ausência de cor e / ou precipitação foi considerada negativa (-). Os resultados foram expressos em relação aos metabólitos com as frequências de 100%, 75%, 50%, 25%, 15%, 5% e 0 (zero), respectivamente (Fontoura *et al.*, 2015).

## 2.2 Doseamento de fenóis totais, flavonoides e taninos condensados

Os Ex.H<sub>2</sub>O e Ex.EtOH foram submetidos à determinação dos teores de fenóis totais (FT), pelo Método Folin-Ciocalteu, empregando-se, como padrão, o ácido gálico (10 a 350 mg / mL), conforme descrito por Sousa *et al.* (2007). Como padrão, foi utilizado ácido gálico (Vetec®, 99%), nas concentrações de 10, 50, 100, 150, 300 e 400 µg / mL, para construir a curva de calibração ( $y = 0,1326x + 0,0045$ ,  $R^2 = 0,9978$ ). A leitura da absorbância da mistura das reações das amostras, padrão e branco, ocorreu a 760 nm em espectrofotômetro (Femto®, 800XI). Como branco, foram preparados todos os

reagentes, exceto a amostra. As análises foram desenvolvidas em triplicatas e o conteúdo de polifenóis determinado em miligrama de ácido gálico / g de extrato.

Os teores de flavonoides foram determinados pelo método cloreto de alumínio (99,5%, Vetec) e, como padrão, quercetina (≥ 95% Sigma), concentrações de 6,0, 8,0, 10,0, 12,0, 16,0 e, 20,0 µg / mL, para construir a curva de calibração ( $y = 0,656x - 0,0075$ ,  $R^2 = 0,9949$ ) conforme Peixoto Sobrinho *et al.* (2008).

Para determinação de taninos condensados foram misturados 1 mg de cada extrato em uma solução hidrometanólica (MeOH:H<sub>2</sub>O: 80:20 v:v) e adicionados 5 mL de vanilina ácida (8% de HCl aquoso concentrado e 4% de vanilina em metanol). Como branco se utilizou metanol e a curva padrão com catequina. As misturas foram incubadas em banho-maria por 20 minutos e, ao atingirem a temperatura ambiente, realizou-se a leitura em 510 nm (Broadhurst; Jones, 1978). Os resultados foram expressos como equivalentes de catequina em mg por 100 g de extrato.

## 2.3 Determinação da atividade antioxidante

O potencial antioxidante dos extratos Ex.H<sub>2</sub>O e Ex.EtOH foi determinado com base na atividade sequestradora de radicais livres do 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH). Nos extratos, às concentrações de 250, 200, 150, 100, 50 e 25 µg / mL, foram adicionados 2 mL de uma solução de DPPH em metanol (24 mg / 100mL). Após 30 min, a absorbância foi determinada em um espectrofotômetro UV-VIS a 515 nm. A solução de DPPH em metanol foi utilizada como controle negativo e o controle positivo foi BHT (butilhidroxitolueno), quercetina e ácido gálico nas mesmas concentrações utilizadas nas amostras (Thaipong *et al.*, 2006). O percentual de inibição (% I) foi calculado pela fórmula:  $\% I = (A_0 - A) / A_0 \times 100$ , em que A<sub>0</sub> é a absorbância do DPPH (controle) e A é a absorbância da amostra. Os resultados foram expressos através do calculador do IC<sub>50</sub>, O valor de IC<sub>50</sub> representa a concentração da amostra, que é necessário para inibir 50% dos radicais livres DPPH (Sousa *et al.*, 2007).

## 2.4 Análise estatística

Os dados qualitativos foram expressos na forma de porcentagens, enquanto os quantitativos foram avaliados por meio de ANOVA (P < 0,05) e, havendo diferenças, procedeu-se ao teste de médias Tukey (P < 0,05), utilizando-se o programa de análises estatísticas Bioestat® versão 5.3 (Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá).

## 3 Resultados e Discussão

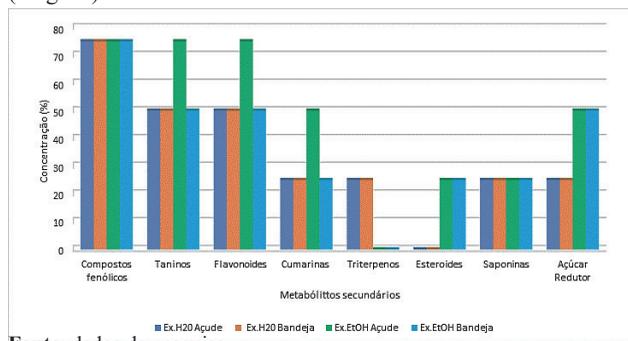
Os resultados qualitativos obtidos das amostras de *L. aequinoctialis* Welw. provenientes de açude e de cultivo em bandeja revelaram a presença de compostos fenólicos em altas concentrações (~80 %) nos dois tipos de extrato e locais de coleta.

Os taninos e flavonoides estavam presentes em maiores

concentrações (~80 %), seguidos das cumarinas (~50 %) nos Ex.EtOH provenientes do açude. As maiores concentrações dos açúcares redutores (~50 %) foram evidenciadas nos Ex.EtOH do açude e bandeja. Não houve diferenças significativas (P < 0,05) entre os extratos.

A presença de saponinas (~25%) foi observada em todas amostras, enquanto os triterpenos estavam presentes nos Ex.H<sub>2</sub>O (~25%) e, inversamente, os esteroides foram identificados (~25%) nos Ex.EtOH (Figura 2). Não foram identificados alcaloides, antocianinas e antraquinonas livres.

**Figura 2** - Análise qualitativa de metabólitos secundários identificados em amostras de *Lemna aequinoctialis* Welw. São apresentados os resultados de extratos aquosos e etanólicos de amostras coletadas em açude (10 g / L) e cultivadas em bandeja (10 g / L)



Fonte: dados da pesquisa.

Em relação ao pH, houve diferenças estatísticas (P < 0,01) entre as plantas colhidas no açude (6,93 ± 0,01) e bandeja (7,97 ± 0,02) dos Ex.EtOH (Quadro 2). A condutividade medida também apresentou diferenças estatísticas (P < 0,01) entre as amostras, tanto em relação aos Ex.H<sub>2</sub>O: açude (39,5 ± 0,67) e bandeja (19,55 ± 0,67) e Ex.EtOH: açude (83,94 ± 2,33) e bandeja (12,14 ± 0,11).

**Quadro 2** - Fenóis e flavonoides totais e as concentrações necessárias para inibir 50% do radical DPPH (CI<sub>50</sub>) dos extratos aquosos e etanólicos de *Lemna aequinoctialis* Welw. coletadas em açude (10 g / L) e cultivadas em bandeja (10 g / L). São apresentadas as médias e seus respectivos desvios padrões. ANOVA (P < 0,01) seguida de Teste T de Tukey (P < 0,01)

Metabólitos Secundários	Ex.H <sub>2</sub> O		Ex.EtOH	
	Açude	Bandeja	Açude	Bandeja
pH (M ± dp)	7,34 ± 0,02 <sup>a</sup>	7,34 ± 0,02 <sup>a</sup>	6,93 ± 0,01 <sup>a</sup>	7,97 ± 0,02 <sup>b</sup>
Condutividade (µS/cm) M ± dp	39,55 ± 0,67 <sup>a</sup>	19,55 ± 0,67 <sup>b</sup>	83,94 ± 2,33 <sup>a</sup>	12,14 ± 0,11 <sup>b</sup>
SS (°Brix)	2 ± 0,00 <sup>a</sup>	2 ± 0,00 <sup>a</sup>	3 ± 0,00 <sup>a</sup>	3 ± 0,00 <sup>a</sup>
Compostos fenólicos (mg) M ± dp	96,67 ± 0,00 <sup>a</sup>	97,04 ± 0,07 <sup>b</sup>	96,69 ± 0,00 <sup>a</sup>	96,77 ± 0,00 <sup>a</sup>
Flavonoides (mg) M ± dp	59,15 ± 0,15 <sup>a</sup>	58,88 ± 0,00 <sup>b</sup>	64,00 ± 0,15 <sup>a</sup>	59,75 ± 0,00 <sup>b</sup>
Taninos (mg) M ± dp	1,15 ± 0,25 <sup>a</sup>	1,15 ± 0,25 <sup>a</sup>	1,75 ± 0,75 <sup>a</sup>	1,15 ± 0,15 <sup>b</sup>
DPPH (mg/mL)	0,31 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,38 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,27 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,39 ± 0,02 <sup>b</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, são estatisticamente iguais (Tukey, P < 0,01).

Fonte: dados da pesquisa.

Os compostos fenólicos revelaram diferenças significativas (P < 0,01) nas amostras do Ex.H<sub>2</sub>O do açude (96,67 ± 0,00) e bandeja (97,04 ± 0,07). Houve diferença em relação aos flavonoides nas amostras do Ex.H<sub>2</sub>O do açude (59,15 ± 0,15) e bandeja (58,88 ± 0,00) e Ex.EtOH: açude (64,00 ± 0,15) e bandeja (59,75 ± 0,00).

A capacidade antioxidante determinada, usando-se o ensaio DPPH, variou significativamente (P < 0,01) entre os Ex.H<sub>2</sub>O, sendo os maiores observados para a cultura em bandeja (0,38 ± 0,01 mg / L) em relação às amostras do açude (0,31 ± 0,02 mg/mL). O mesmo ocorreu entre os Ex.EtOH, em que a capacidade antioxidante foi superior nos valores das amostras da bandeja (0,39 ± 0,02 mg / mL) em relação às do açude (0,27 ± 0,01 mg / mL).

Pode-se observar que as amostras com maior concentração efetiva necessária para sequestrar 50% dos radicais livres (mg / L), foram as provenientes dos ambos extratos do açude que apresentaram a menor concentração para inibir o DPPH, isto revela maior capacidade sequestrante de radicais livres, quando comparados aos dois extratos provenientes do cultivo em bandeja.

O aumento da expressão de metabólitos secundários está associado aos diferentes fatores como estresse ambiental, componentes presentes na água, localização geográfica, qualidade do solo e até variabilidade genética (Sánchez, 2022; Twaij; Hasan, 2020) e os açudes estão sujeitos às intempéries e alterações contínuas na qualidade de sua água, seja em função ao acúmulo de terra e detritos carregados pelas chuvas, pH do solo, fonte da água que o abastece, presença de peixes, bactérias, animais selvagens e de produção, que se utilizam de suas águas, alterando a matéria orgânica e mineral diluída, além de possíveis contaminações antropogênicas.

Portanto, a maior concentração de compostos fenólicos (taninos, flavonoides e cumarinas) e açúcares redutores nas amostras provenientes do açude, possivelmente, pode estar atrelada às variáveis ambientais estressantes não controláveis, quando comparadas às amostras de cultivo em bandeja.

Os compostos fenólicos têm ação antioxidante por sua capacidade de doar elétrons de hidrogênio, possuindo radicais intermediários estáveis capazes de impedirem a oxidação de ingredientes dos alimentos, particularmente os lipídios (Bucioli *et al.*, 2019). Esses possuem, ainda, a capacidade de absorver a energia ultravioleta (UV), podendo ser utilizados como agentes fotoprotetores em formulações tópicas para reduzir os danos à pele, induzidos pela radiação UV (Castro; Mota; Cazeddey, 2022).

Os taninos são compostos fenólicos encontrados em vegetais e classificados como compostos hidrolisáveis ou condensados, de acordo com sua estrutura química (Vieira *et al.*, 2020), e estão entre os mais abundantes na dieta humana (exemplo: pó de café) e podem desempenhar papel fundamental na redução do risco de doenças cardiovasculares, neurodegenerativas e câncer (Araujo Santiago *et al.*, 2020).

A predominância dos teores de compostos flavonoides

observados nas duas fontes de *L. aequinoctialis* estudadas no presente trabalho, permite sugerir o uso fitoquímico da planta de forma ampla. Os flavonoides de extratos vegetais incluindo o extrato de *Lemna* spp. foram capazes de estimular leucócitos como defesa não específica em peixes (Iskandar *et al.*, 2020). Estes compostos possuem efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios, antimutagênicos e anticarcinogênicos, além de serem capazes de regular o funcionamento das enzimas celulares, sugerindo-se potencial de *Lemna* spp., como imunoestimulantes (Nurkartika; Pratiwy; Grandiosa, 2023).

As cumarinas são compostos fenólicos de origem natural e exibem potencial biológico e alelopático em grande variedade de organismos, inibindo a germinação de sementes, o crescimento radicular, a morfologia, histologia, absorção de água, respiração, fotossíntese, alongamento celular, divisão e diferenciação celular em plantas, além de possuírem eficiente potencial inseticida contra insetos adultos, larvas e seus ovos (Hussain; Qamar Abbas; Reigosa, 2018), sendo sugeridas como possíveis pesticidas ecológicos e agentes para o controle de plantas invasoras.

Em relação aos estudos clínicos em mamíferos, as cumarinas revelaram atividades anticoagulantes, anticancerígenas, antioxidantes, antivirais, antidiabéticas, anti-inflamatórias, antibacterianas, antifúngicas e antineurodegenerativas (Franco *et al.*, 2021).

As saponinas são metabólitos secundários, heterosídeos triterpenoides ou esteroidais produzidos naturalmente pelas plantas, em função do estresse biótico e são de grande importância na indústria farmacêutica e alimentícia (Góngora-Chi *et al.*, 2023; Prada; Diaz; Rocha, 2024), e essas atuam, geralmente, como sinalizadores químicos vegetais, liberados no meio, permitindo às plantas reagirem a estímulos ambientais, como mecanismos de defesa contra herbivoria, patógenos e competição com outras plantas (Raven; Evert; Eichhorn, 2007; Wina; Muetzel; Becker, 2005). Em outras situações, as saponinas podem desempenhar o papel de reguladores hormonais vegetais (Veronka *et al.*, 2012).

As saponinas, triterpenos e esteroides não variaram em função das fontes de *L. aequinoctialis* estudadas e sua presença nas amostras corrobora a informação de sua existência na literatura sobre as *Lemna* spp. assim como a presença de açúcares redutores (Baek; Saeed; Choi, 2021; Kim *et al.*, 2017).

A presença de carboidratos (apiose, arabinose, frutose, fucose, galactose, glicose, manose, rafinose, rhamnose, sucrose e xilose) é relatada para diferentes macrófitas aquáticas (Pagliuso *et al.*, 2018; Shen *et al.*, 2016), no entanto, a produção de amido e açúcares redutores é evidente em situações de estresse e tem direcionado a produção de *L. aequinoctialis* e outras macrófitas aquáticas com o intuito de produção de etanol (Cui; Cheng, 2015; Ma *et al.*, 2018; Xu *et al.*, 2012).

As macrófitas aquáticas contêm vários metabólitos secundários úteis, como os compostos fenólicos (flavonoides,

fenilpropanoides, taninos e ácidos hydroxycinâmicos) e terpenoides esteroidais (campesterol,  $\beta$ sitosterol e stigmasterol), destacando-os como matéria-prima para as indústrias de bioetanol, farmacêutica, cosmética e alimentícia (Baek *et al.*, 2021).

Kim *et al.* (2017) descreveram que a *L. aequinoctialis*, entre os compostos fenólicos estudados, possui cumarinas, taninos e triterpenoides esteroidais, corroborados pelos achados do presente estudo. No entanto, a presença dos compostos flavonoides foi relatada somente nas espécies *L. japonica* e *L. gibba*, mas não na *L. aequinoctialis* aqui estudada, evidenciando os achados inéditos para esta espécie no presente trabalho.

Os achados aqui relatados reforçam a importância de se ampliarem os estudos das *Lemna* spp. existentes no Brasil e em suas diferentes regiões geográficas, propiciando conhecer seu potencial econômico, com o intuito de desenvolvimento econômico-social brasileiro.

#### 4 Conclusão

As amostras de *Lemna aequinoctialis* Welw. estudadas possuem altas concentrações de compostos flavonoides. Metabólitos secundários evidenciados pela primeira vez para a espécie.

Houve alteração da produção de metabólitos secundários em função da forma de cultivo.

#### Agradecimentos

A pesquisa foi realizada com apoio da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) e da Universidade Anhanguera-Uniderp, por meio de fomento em forma de bolsa de estudo.

#### Referências

- AL-SNAFI, A. E. *Lemna minor*: Traditional uses, chemical constituents and pharmacological effects-A review. *IOSR J. Pharm.*, v.9, n.8, p.6-11, 2019.
- ARAUJO SANTIAGO, M.C.P. et al. Análise e caracterização de taninos condensados por cromatografia líquida. *Braz. J. Develop.*, v.6, n.8, p.61446-61462, 2020. doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-533>.
- ARROYAVE, M.P. La lenteja de agua (*Lemna minor* L.): una planta acuática promisoría. *Rev. EIA. Esc. Ing. Antioq.*, n. 1, p. 33-38, 2004.
- BAEK, G.; SAEED, M.; CHOI, H. K. Duckweeds: their utilization, metabolites and cultivation. *Appl. Biol. Chem.*, v.64, p.1-15, 2021. doi: <https://doi.org/10.1186/s13765-021-00644-z>.
- BOG, M.; APPENROTH, K.J.; SREE, K.S. Key to the determination of taxa of Lemnaceae: an update. *Nord. J. Bot.*, v.38, n.8, 2020. doi: <https://doi.org/10.1111/njb.02658>.
- BROADHURST, R.B.; JONES, W.T. Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. *J. Sci. Food Agric.*, v.29, n.9, p.788-794, 1978. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740290908>.
- BUCIOLI, S.A. et al. Efeito dos agentes antioxidantes para

- manutenção saudável do organismo. *Med. Saúde*, v.2, n.1, p.9-22, 2019.
- CAMPOS TORRES, O.I. Efecto de *Eichhornia crassipes* M y *Lemna minor* L en la extracción de nitratos, sulfatos y fosfatos en aguas residuales domésticas de la ciudad de Jaén, provincia Jaén, departamento Cajamarca. Cajamarca Universidad Nacional de Cajamarca, 2022.
- CASTRO, T.N.; MOTA, M.D; CAZEDEY, E.C.L. Atividade fotoprotetora e antioxidante de compostos fenólicos: uma revisão sistemática de testes *in vitro*. *Rev. Colomb. Cienc. Quim. Farm.*, v.51, n.2, p.557-588, 2022. doi: <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v51n2.97604>.
- CUL, W.; CHENG, J. J. Growing duckweed for biofuel production: a review. *Plant Biol.*, v. 17, p. 16-23, 2015. doi: <https://doi.org/10.1111/plb.12216>.
- FONTOURA, F.M. et al. . Seasonal effects and antifungal activity from bark chemical constituents of *Sterculia apetala* (Malvaceae) at Pantanal of Miranda, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Acta Amaz.*, v.45, n.3, p.283-292, 2015. doi: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201500011>.
- FRANCO, D.P. et al. A importância das cumarinas para a química medicinal e o desenvolvimento de compostos bioativos nos últimos anos. *Quim. Nova*, v.44, n.2, p.180-197, 2021. doi: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170654>.
- GÓNGORA-CHI, G.J. et al. Métodos de extracción, funcionalidad y bioactividad de saponinas de *Yucca*: una revisión. *Biocencia*, v.25, n.1, p.147-155, 2023. doi: <https://doi.org/10.18633/biocencia.v25i1.1800>.
- GUPTA, S. et al. Microstructure observations of *Lemna aequinoctialis* ecotype. *J. Sci. Res.*, v.65, n.5, p.164-171, 2021. doi: <https://doi.org/10.37398/JSR.2021.650518>.
- HARBORNE, J.B. *Phytochemical Methods: a guide to modern techniques of plant analysis*. London: Chapman & Hall Publication, 1998.
- HUSSAIN, M.I.; QAMAR ABBAS, S.; REIGOSA, M.J. Activities and novel applications of secondary metabolite coumarins. *Planta Daninha*, v.36, 2018.
- ISKANDAR, I. et al. Use of *Lemna* sp. as an antioxidant in feed and its effect on the performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ISLAM, SCIENCE AND TECHNOLOGY, ICONISTECH 2019, Bandung, Indonesia. 2020. Anais eletrônicos... Indonésia. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/348058526\\_Use\\_of\\_Lemna\\_sp\\_As\\_Antioxidant\\_in\\_Feed\\_and\\_Its\\_Effect\\_on\\_Nile\\_Tilapia\\_Oreochromis\\_niloticus\\_Performance](https://www.researchgate.net/publication/348058526_Use_of_Lemna_sp_As_Antioxidant_in_Feed_and_Its_Effect_on_Nile_Tilapia_Oreochromis_niloticus_Performance). Acesso em: 10 fev. 2024
- KIM, J.Y. et al. Effects of coronatine elicitation on growth and metabolic profiles of *Lemna paucicostata* culture. *PLoS One*, v.12, n.11, p.e0187622, 2017. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187622>.
- LIU, Y. et al. Multifaceted roles of duckweed in aquatic phytoremediation and bioproducts synthesis. *Gcb Bioenergy*, v.13, n.1, p.70-82, 2021. doi: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12747>.
- LOURENÇO, A.R.; BOVE, C.P. Flora do Rio de Janeiro: Lemnoideae (Araceae). *Rodriguésia*, v.70, 2019. doi: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201970042>.
- MA, Y.B. et al. Large-scale screening and characterization of *Lemna aequinoctialis* and *Spirodela polyrhiza* strains for starch production. *Plant Biol.*, v.20, n.2, p.357-364, 2018. doi: <https://doi.org/10.1111/plb.12679>.
- MALDONADO, I.; TERRAZAS, E.G.M; VILCA, F.Z. Application of duckweed (*Lemna* sp.) and water fern (*Azolla* sp.) in the removal of pharmaceutical residues in water: State of art focus on antibiotics. *Sci. Total Environ.*, v.838, p.156565, 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156565>.
- MATOS, F.J.A. *Introdução a fitoquímica experimental*. Ceará: UFC, 2009.
- NURKARTIKA, S.W.; PRATIWI, F.M.; GRANDIOSA, R. Overview of *Lemna* sp. in Aquaculture: Flavonoids for Boosting the Immune System in Fish. *Asian J. Fish. Aquatic Res.*, v.24 n.2, p.10-15, 2023. doi: <https://doi.org/10.9734/ajfar/2023/v24i2628>.
- PAGLIUSO, D. et al. Correlation of apiose levels and growth rates in duckweeds. *Front. Chem.*, v.6, p.291, 2018. doi: <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00291>.
- POTT, V.J.; CERVI, A.C. A família Lemnaceae Gray no Pantanal (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), Brasil. *Braz. J. Bot.*, v.22, n.2 p.153-174, 1999. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-84041999000200007>.
- POTT, V. J.; POTT, A. *Plantas aquáticas do Pantanal*. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Corumbá: Embrapa-CPAP, 2000.
- PRADA, O.J.; DIAZ, O.L.; ROCHA, K.T. Lenteja de agua (*Lemna minor*): potencial alimentario y ambiental. *Revisión. Rev. Mex. Cienc. Pecu.*, v.2, p.404-424, 2024. doi: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i2.6107>.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia vegetal*. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- SÁNCHEZ, H.L. Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. *Rev. Digital Univer.*, v. 23, n. 2, 2022.
- SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; ATHAYDE, M.L. Saponinas. In: SIMÕES, C.M. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Porto Alegre: UFRGS, 2007. p.711-740.
- SHEN, N. et al. Succinic acid production from duckweed (*Landoltia punctata*) hydrolysate by batch fermentation of *Actinobacillus succinogenes* GXAS137. *Bioresour. Technol.*, v.211, p.307-312, 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.03.036>.
- SIMÕES, C.M.O. et al. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Florianópolis: UFSC, 2003.
- PEIXOTO SOBRINHO, T.J.D.S. et al. Validação de metodologia espectrofotométrica para quantificação dos flavonoides de *Bauhinia cheilantha* (Bongard) Steudel. *Braz. J. Pharm. Sci.*, v.44, n.4, p.683-689, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-93322008000400015>.
- SOUSA, C.M.M. et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Quím. Nova*, v.30, n.2, p.351-355, 2007. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200021>.
- THAIPONG, K. et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J. Food Compos. Anal.*, v.19, n.6, p.669-675, 2006. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>.
- TIPPERY, N.P.; LES, D.H. Tiny plants with enormous potential: phylogeny and evolution of duckweeds. In: CAO, X.H.; FOUROUNJIAN, P.; WANG, W. *The duckweed genomes. Compendium of Plant Genomes*. Springer, Cham. 2020. p.19-38. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11045-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11045-1_2).
- TWAIJ, B.M.; HASAN, M.N. Bioactive secondary metabolites from plant sources: types, synthesis, and their therapeutic uses. *Int. J. Plant Biol.*, v.13, n.1, p.4-14, 2022. doi: <https://doi.org/10.3390/ijpb13010003>.

VERONKA, D. et al. Efeito alelopático do extrato bruto de *Brachiaria decumbens* na germinação e no vigor de sementes e de plântulas de *Brachiaria brizantha*. Embrapa Gado de Corte. Documentos, 2012.

VIEIRA, L.V. et al. Utilização de taninos como aditivo nutricional na dieta de ruminantes. Arq. Ciênc.Vet. Zool. UNIPAR, v.23, 2020. doi: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v23i1cont.2020.8040>.

WINA, E.; MUETZEL, S.; BECKER, K. The impact of saponins or saponin-containing plant materials on ruminant productions:

a review. J. Agric. Food. Chem., v.53, n.21, p.8093-8105, 2005. doi: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf048053d>.

XU, J. et al. Duckweed (Lemnaceae) for potentially nutritious human food: A review. Food Rev. Int., v.39, n.7, p.3620-3634, 2023. doi: <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2012800>.

XU, J. et al. The production of duckweed as a source of biofuels. Biofuels, v.3, n.5, p.589-601, 2012. doi: <https://doi.org/10.4155/bfs.12.31>.