

## ESTUDO DO POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DO EXTRATO DA *STEMODIA MARITIMA* L. EM FORMULAÇÕES COSMÉTICAS

STUDY OF THE BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF *STEMODIA MARITIMA* L. EXTRACT IN COSMETIC FORMULATIONS

ESTUDIO DEL POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DEL EXTRACTO DE *STEMODIA MARITIMA* L. EN FORMULACIONES COSMÉTICAS

Amanda Lilia Santos Leão<sup>1</sup>  
Emanuelle Costa Magalhães<sup>2</sup>  
Maxsuel Cruz Pereira<sup>3</sup>  
Vinicyus Teles Chagas<sup>4</sup>  
Gilvan Oliveira Costa Dias<sup>5</sup>  
Sergiane de Jesus Rocha Mendonça<sup>6</sup>

**RESUMO:** O presente estudo investigou o potencial biotecnológico do extrato etanólico das folhas de *Stemodia maritima* L. para aplicação em formulações cosméticas de uso veterinário. O objetivo foi avaliar a viabilidade técnica do extrato como agente antioxidante e estabilizante, visando novos insumos bioativos para a cosmética animal. A metodologia compreendeu a extração etanólica, avaliação de atividade antioxidante pelo método do radical DPPH e análise da toxicidade com *Artemia salina*. Adicionalmente, o extrato foi incorporado a uma loção hidratante para análise de estabilidade físico-química (pH, cor, odor e separação de fases). Os resultados revelaram uma elevada capacidade de sequestro de radicais livres ( $IC_{50} = 194,53 \pm 2,9 \mu\text{g/mL}$ ) e baixa toxicidade ( $CL_{50} = 1.819,69 \pm 0,4 \text{ ppm}$ ), indicando um perfil seguro para a formulação. Durante o período de teste a formulação demonstrou estabilidade em todos os parâmetros físico-químicos investigados. Portanto, conclui-se que a *S. maritima* apresenta elevado potencial como fonte de compostos bioativos para o mercado veterinário. Os achados reforçam a importância de integrar a biodiversidade ao desenvolvimento de produtos tecnológicos seguros, sustentáveis e baseados em evidências, ressaltando a necessidade de avaliações sistemáticas para a utilização racional de extratos vegetais na indústria.

**Palavras-chave:** Antioxidantes. Teste de toxicidade. Compostos bioativos. Biodiversidade.

<sup>1</sup>Graduanda do Curso de Química Industrial. Aluna de Iniciação Científica na Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

<sup>2</sup>Graduanda do Curso Química Industrial. Aluna de Iniciação Científica na Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

<sup>3</sup>Graduando do Curso Química Licenciatura. Aluno de Iniciação Científica na Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

<sup>4</sup>Doutor em Ciências da Saúde, Técnico de Laboratório do Departamento de Morfologia na Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

<sup>5</sup>Doutor em Química, Coorientador. Docente do Curso Química Bacharelado na Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

<sup>6</sup>Orientadora. Docente do Curso Química Licenciatura na Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia.

**ABSTRACT:** The present study investigated the biotechnological potential of the ethanolic extract from *Stemodia maritima* L. leaves for application in veterinary cosmetic formulations. The objective was to evaluate the technical feasibility of the extract as an antioxidant and stabilizing agent, aiming at new bioactive inputs for animal cosmetics. The methodology comprised ethanolic extraction, evaluation of antioxidant activity by the DPPH radical method, and toxicity analysis using *Artemia salina*. Additionally, the extract was incorporated into a moisturizing lotion for physicochemical stability analysis (pH, color, odor, and phase separation). The results revealed a high free radical scavenging capacity ( $IC_{50} = 194.53 \pm 2.9 \mu\text{g/mL}$ ) and low toxicity ( $LC_{50} = 1,819.69 \pm 0.4 \text{ ppm}$ ), indicating a safe profile for the formulation. During the testing period, the formulation demonstrated stability across all investigated physicochemical parameters. Therefore, it is concluded that *S. maritima* L. presents high potential as a source of bioactive compounds for the veterinary market. The findings reinforce the importance of integrating biodiversity into the development of safe, sustainable, and evidence-based technological products, highlighting the need for systematic evaluations for the rational use of plant extracts in the industry.

**Keywords:** Antioxidants. Toxicity Tests. Bioactive compounds. Biodiversity.

**RESUMEN:** El presente estudio investigó el potencial biotecnológico del extracto etanólico de las hojas de *Stemodia maritima* L. para su aplicación en formulaciones cosméticas de uso veterinario. El objetivo fue evaluar la viabilidad técnica del extracto como agente antioxidante y estabilizante, con el fin de obtener nuevos insumos bioactivos para la cosmética animal. La metodología comprendió la extracción etanólica, la evaluación de la actividad antioxidante mediante el método del radical DPPH y el análisis de la toxicidad con *Artemia salina*. Adicionalmente, el extracto se incorporó a una loción hidratante para el análisis de estabilidad físico-química (pH, color, olor y separación de fases). Los resultados revelaron una elevada capacidad de secuestro de radicales libres ( $IC_{50} = 194,53 \pm 2,9 \mu\text{g/mL}$ ) y una baja toxicidad ( $CL_{50} = 1.819,69 \pm 0,4 \text{ ppm}$ ), lo que indica un perfil seguro para la formulación. Durante el período de prueba, la formulación demostró estabilidad en todos los parámetros físico-químicos investigados. Por lo tanto, se concluye que *S. maritima* L. presenta un elevado potencial como fuente de compuestos bioactivos para el mercado veterinario. Los hallazgos refuerzan la importancia de integrar la biodiversidad en el desarrollo de productos tecnológicos seguros, sostenibles y basados en evidencias, resaltando la necesidad de evaluaciones sistemáticas para la utilización racional de extractos vegetales en la industria.

**Palabras clave:** Antioxidantes. Ensayos de toxicidad. Compuestos bioactivos. Biodiversidad.

## INTRODUÇÃO

O interesse científico e industrial por compostos bioativos de origem vegetal tem crescido de forma expressiva nas últimas décadas, impulsionado pela busca por alternativas terapêuticas, cosméticas e veterinárias mais seguras, sustentáveis e alinhadas à valorização da biodiversidade. O Brasil, detentor de uma das maiores diversidades florísticas do mundo, destaca-se como uma fonte estratégica de metabólitos secundários com potencial farmacológico,

incluindo alcaloides, terpenóides e compostos fenólicos, reconhecidos por sua ampla diversidade estrutural e relevância biológica (BRAHMACHARI, 2018; SIMÕES, 2017).

Esses metabólitos desempenham papel fundamental na defesa das plantas contra estresses ambientais e biológicos, além de apresentarem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e citoprotetoras amplamente descritas na literatura (MONTEIRO; BRANDELLI, 2018). Entretanto, apesar do crescente número de estudos voltados à identificação dessas atividades biológicas, ainda persistem lacunas relevantes relacionadas à avaliação da segurança toxicológica de extratos vegetais, especialmente daqueles obtidos por solventes orgânicos, os quais tendem a concentrar compostos lipofílicos de elevada bioatividade. Essa limitação representa um desafio para a aplicação segura desses extratos no desenvolvimento de bioprodutos farmacêuticos, cosméticos e veterinários.

Nesse contexto, a espécie *Stemodia maritima* L. (Plantaginaceae) surge como um modelo promissor de investigação. Distribuída predominantemente em regiões litorâneas e ambientes de alta salinidade, essa espécie apresenta um perfil fitoquímico diversificado, com a presença de flavonoides, compostos fenólicos, diterpenos, triterpenos esteroidais e cucurbitacinas, classes de metabólitos associadas a atividades antioxidantes, anti-inflamatórias e larvicidas (RODRIGUES *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2009). O uso tradicional da planta na medicina popular, aliado a evidências experimentais de efeitos benéficos, como ação anti-inflamatória, gastroprotetora e larvicida contra *Aedes aegypti*, reforça seu potencial biotecnológico (ARRIAGA *et al.*, 2007; TEIXEIRA, 2017; SOUSA *et al.*, 2021).

Entre as propriedades biológicas atribuídas à *S. maritima* L., destaca-se sua atividade antioxidante, particularmente associada a extratos etanólicos, os quais apresentam capacidade de neutralizar radicais livres e minimizar danos celulares decorrentes do estresse oxidativo (TUMILAAAR *et al.*, 2024). A avaliação dessa atividade, comumente realizada pelo método do radical DPPH, constitui uma ferramenta consolidada para a caracterização do potencial antioxidante de extratos vegetais. Contudo, a elevada bioatividade observada em extratos orgânicos também demanda uma análise criteriosa de sua toxicidade, uma vez que a concentração de metabólitos secundários pode implicar riscos à segurança biológica.

Ensaio toxicológicos preliminares, como o bioensaio com *Artemia salina*, representam uma etapa fundamental na triagem de segurança de substâncias naturais. Esse modelo permite a estimativa da concentração letal média (CL<sub>50</sub>) e apresenta boa correlação com sistemas biológicos mais complexos (MEYER *et al.*, 1982; LACERDA *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2022).

Apesar disso, estudos que integrem de forma sistemática a avaliação antioxidante e toxicológica de extratos etanólicos de *S. maritima* L. ainda são escassos, especialmente quando considerados seus possíveis desdobramentos tecnológicos.

Assim, observa-se um aumento expressivo no interesse pela incorporação de extratos vegetais em formulações cosméticas e veterinárias, motivado pela demanda por produtos naturais e biodegradáveis. Nesse cenário, a aplicação do extrato etanólico de *S. maritima* L. em formulações tópicas, como hidratantes veterinários, configura uma abordagem inovadora ao integrar potencial antioxidante, avaliação de segurança preliminar e viabilidade técnica.

Dessa forma, o presente estudo propõe uma análise integrada da atividade antioxidante e da toxicidade do extrato etanólico de *S. maritima* L., buscando contribuir para o avanço do conhecimento sobre a segurança e o potencial biotecnológico dessa espécie. Ao articular dados experimentais com a literatura, o trabalho pretende fornecer subsídios científicos para a utilização racional de extratos vegetais no desenvolvimento de bioprodutos, fortalecendo a interface entre biodiversidade, inovação tecnológica e saúde animal.

## MÉTODOS

### Material vegetal

As folhas de *Stemodia maritima* L. foram coletadas em áreas naturais do município de São Luís, Maranhão, Brasil ( $2^{\circ}38'08.8''S$  /  $44^{\circ}16'40.6''W$ ), com identificação botânica realizada no Herbário do Maranhão (MAR), do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Maranhão, e catalogada sob o número 14.293. Após a coleta, as folhas foram higienizadas para remoção de impurezas e secas à temperatura ambiente, em local ventilado e protegido da luz, a fim de preservar seus compostos bioativos. Em seguida, o material seco foi triturado até a obtenção de um pó homogêneo, que foi armazenado em recipiente fechado, ao abrigo da luz e da umidade, até sua utilização nos procedimentos de extração.

### Obtenção dos extratos da *Stemodia maritima* L.

A extração foi realizada utilizando o aparelho Soxhlet, por extração sólido-líquido contínua. A amostra vegetal seca e triturada foi inicialmente submetida à extração com hexano (EH) até o completo esgotamento do solvente, em seguida o material residual foi submetido a extrações sequenciais com solventes de polaridade crescente: clorofórmio (EC), acetato de etila

(EA) e etanol (ET), conforme metodologia descrita por Harborne (1998), com o objetivo de obter frações contendo perfis fitoquímicos distintos.

Os extratos obtidos em cada etapa foram concentrados por evaporação em rotoevaporador sob pressão reduzida e temperatura entre 40°C e 45°C, com recuperação dos solventes para as etapas subsequentes, garantindo a preservação dos compostos termolábeis e a eficiência do processo sem necessidade de secagem intermediária. Após a aferição das massas para cálculo de rendimento (Equação 1), os extratos foram armazenados em frascos âmbar sob refrigeração a 4°C.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{massa do extrato}}{\text{massa da amostra seca}} \times 100 \quad (1)$$

#### Ensaio de toxicidade frente a *Artemia salina*

A toxicidade preliminar foi avaliada via bioensaio com *Artemia salina*, seguindo metodologia adaptada da norma NBR 16530:2021. Inicialmente, preparou-se uma solução-estoque dos extratos de *Stemodia maritima* L. a 1080 ppm, da qual derivaram-se as concentrações de 540, 135 e 67,5 ppm por diluição sucessiva. Para a eclosão, os cistos foram incubados em água salina, pH 8,0 a 25 °C, sob aeração constante, por 24 horas na ausência de luz e após esse período, os organismos foram mantidos por mais 24 horas antes do experimento.

O ensaio foi conduzido em quadruplicata, utilizando 10 náuplios por tubo para cada concentração testada, além do grupo controle contendo apenas água salina. Após 24 horas de exposição, a Concentração Letal Média (CL<sub>50</sub>) foi determinada através do método de Probit.

#### Avaliação da atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada pelo método do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), conforme Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), com adaptações de Mensor *et al.* (2001). A solução de DPPH (60 µmol/L) foi preparada em etanol e mantida ao abrigo da luz. Os extratos obtidos foram individualmente solubilizados em etanol para obtenção das soluções-mãe (40 mg/mL), da qual foram preparadas diluições nas concentrações de 20; 10; 5; 2,5; 1,25 e 0,625 mg/mL.

As análises foram realizadas em microplacas, adicionando-se 50 µL da amostra e 150 µL da solução de DPPH. Após incubação protegida da luz, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-Vis a 515 nm.

O ácido ascórbico foi utilizado como controle positivo. Todas as análises foram realizadas em triplicata e expressos como média  $\pm$  desvio padrão do percentual de inibição do radical DPPH. O valor da IC<sub>50</sub> foi determinado por regressão não linear.

### **Análise estatística**

Os dados de mortalidade obtidos no bioensaio com *Artemia salina* foram utilizados para a construção da curva dose-resposta, relacionando o log<sub>10</sub> da concentração do extrato com a porcentagem de mortalidade observada. Os dados foram ajustados por meio de regressão Probit, conforme descrito por FINNEY (1971), permitindo a estimativa da CL<sub>50</sub>, definida como a concentração do extrato capaz de provocar 50% de mortalidade dos náuplios. As análises foram realizadas em ambiente computacional apropriado, com auxílio do software Microsoft Excel® e do programa Probit.

### **Avaliação de estabilidade preliminar do ET da *S. marítima* L. em cosméticos**

As avaliações de estabilidade físico-química foram iniciadas pelo teste de centrifugação, realizado em triplicata a 3600 rpm por 15 minutos. Paralelamente, determinou-se o pH das formulações base de loção hidratante de uso veterinário, sem extrato e daquelas acrescidas do extrato etanólico (ET) para fins comparativos.

A estabilidade térmica foi avaliada por meio de teste de estresse em banho-maria, submetendo as amostras a um gradiente de temperatura entre 40 °C e 70 °C, com incrementos progressivos de 10 °C a cada 20 minutos.

Após o retorno à temperatura ambiente, as formulações foram submetidas a uma análise sensorial e físico-química detalhada, conforme metodologia de BABY *et al.* (2008), observando-se parâmetros de aspecto, cor, odor, viscosidade e ocorrência de separação de fases.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Rendimento dos extratos de *Stemodia marítima* L.**

Os extratos de *Stemodia marítima* L. foram obtidos a partir de 26,6482 g de biomassa seca, utilizando solventes de polaridade crescente: hexano, clorofórmio, acetato de etila e etanol. O rendimento da extração variou conforme o solvente empregado, sendo de 4,07% para a fração hexânica, 2,15% para a fração clorofórmica, 2,07% para a fração de acetato de etila e 2,52% para a fração etanólica.

## Avaliação da toxicidade do extrato etanólico em *Artemia salina*

A avaliação comparativa dos extratos obtidos por diferentes solventes revelou variações no perfil toxicológico relacionadas à polaridade, com comportamento dose-resposta evidenciado pelo aumento da mortalidade dos náuplios. As frações hexânica (EH) e clorofórmica (EC) apresentaram maior citotoxicidade, enquanto as frações mais polares, como o acetato de etila (EA) e o extrato etanólico (ET), exibiram menor toxicidade (Tabela 1). Destaca-se o extrato etanólico, que, além de apresentar perfil toxicológico favorável, foi selecionado para as demais avaliações biotecnológicas.

**Tabela 1** – Percentual de mortalidade de *Artemia salina* em função da concentração do extrato etanólico

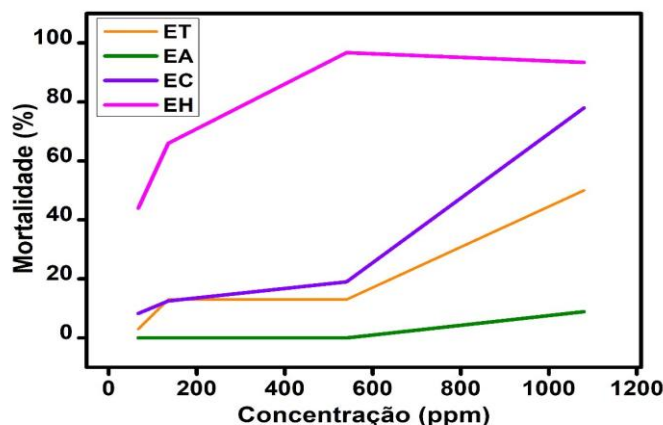
Concentração (ppm)	Mortalidade (%)			
	ET	EA	EC	EH
1080	50	8,9	78	93,4
540	13	0	19	96,7
135	13	0	12,5	66
67,5	03	0	8,3	44

Fonte: Autores, 2026

7

Os dados apresentados na Tabela 1 são representados graficamente na Figura 1, evidenciando a relação dose-resposta para o extrato etanólico. Observa-se que, embora haja aumento da mortalidade com a elevação da concentração, os valores permanecem abaixo de níveis indicativos de alta toxicidade (Figura 1).

**Figura 1** – Mortalidade de *Artemia salina* em função da concentração dos extratos de *S. maritima*.



Fonte: Autores, 2026

A análise estatística por regressão Probit permitiu estimar a concentração letal média (CL<sub>50</sub>) em 1.819,69 ppm ± 0,4 ppm para o extrato etanólico. De acordo com a classificação de Nguta et al. (2011), substâncias que exibem CL<sub>50</sub> superior a 1000 ppm são categorizadas como atóxicas, diferenciando-se daquelas consideradas altamente tóxicas (< 100 ppm), moderadamente tóxicas (100 a 500 ppm) ou levemente tóxicas (500 a 1000 ppm).

Assim, o valor de CL<sub>50</sub> obtido confirma a segurança biológica da amostra do extrato etanólico de *S. maritima* L., reforçando seu potencial para aplicações farmacológicas ou biotecnológicas, desde que submetido a avaliações toxicológicas complementares (MEYER et al., 1982; LACERDA et al., 2011).

### **Atividade antioxidante do extrato etanólico de *Stemodia marítima* L.**

A estabilidade da molécula de DPPH advém da deslocalização do seu elétron desemparelhado, caracterizando-a como um radical livre estável. O fundamento deste método reside na redução do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazila ao entrar em contato com agentes antioxidantes, processo monitorado pela redução da absorbância da solução. Visualmente, a captura do radical pelo antioxidante é evidenciada pela transição cromática da mistura, que altera sua tonalidade original violeta para amarelo. Essa mudança ocorre porque a coloração violeta é intrínseca à forma de radical livre, enquanto a forma reduzida da molécula assume a cor amarela (MAGALHÃES et al., 2008).

A eficácia antioxidante de um extrato pode ser quantificada pelo percentual de inibição do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), refletindo a competência dos constituintes bioativos em neutralizar espécies reativas (GINTING et al., 2018). Adicionalmente, utiliza-se o parâmetro IC<sub>50</sub>, que define a concentração mínima de amostra necessária para inibir 50% do radical livre presente; logo, quanto menor este valor, maior é a potência antioxidante da substância (FIDRIANNY; NADIA; RUSLAN W., 2015).

Tanto o extrato de etanol quanto o padrão de ácido ascórbico exibiram atividade antioxidante pronunciada em concentrações elevadas, evidenciada pela transição para a coloração amarela após a reação com o DPPH. Esse fenômeno fundamenta-se na proporcionalidade direta: uma maior densidade de moléculas antioxidantes amplia a captura de radicais livres, elevando o potencial redutor da amostra. Os resultados indicam que os compostos antioxidantes da *Stemodia marítima* L. possivelmente tem alta polaridade e, portanto, foram extraídos pelos solventes polares.

Ao analisar os valores de  $IC_{50}$ , verifica-se que o extrato etanólico da *Stemodia maritima* L. obteve o desempenho mais satisfatório. Em contrapartida, as frações em acetato de etila, clorofórmio e hexano apresentaram atividade antioxidante reduzida (Tabela 2).

**Tabela 2** – Resultados obtidos pela varredura das amostras com DPPH

Frações dos Extratos	$IC_{50}$	Desvio Padrão
Etanólico	194,53	2,9
Acetato de Etila	289,68	1,27
Clorofórmio	1893,25	1,64
Hexano	4198,36	2,06

**Fonte:** Autores, 2026

A atividade antioxidante observada no extrato etanólico de *Stemodia maritima* L. evidencia o potencial da espécie como fonte de compostos bioativos com capacidade de neutralização de radicais livres. Estudos prévios demonstram que espécies do gênero *Stemodia* apresentam metabólitos secundários, especialmente compostos fenólicos e flavonoides, associados à atividade antioxidante, os quais desempenham papel relevante na mitigação do estresse oxidativo, processo relacionado ao desenvolvimento de condições inflamatórias e degenerativas (MAGALHÃES et al., 2008; SILVA et al., 2014).

Adicionalmente, o método do radical DPPH é amplamente empregado na avaliação da atividade antioxidante de extratos vegetais, sendo considerado uma ferramenta confiável para triagem fitoquímica e correlação com o teor de compostos fenólicos e flavonoides presentes nas amostras (FRANZEN et al., 2021). Dessa forma, a utilização dessa metodologia reforça a consistência e a adequação dos procedimentos adotados no presente estudo.

A proeminente atividade antioxidante do extrato etanólico fundamenta-se na natureza polar dos compostos bioativos da *Stemodia maritima* L., os quais são extraídos com maior eficiência por solventes de alta polaridade. Os estudos de Duarte-Almeida et al. (2006) corrobora tal achado visto que, a bioatividade antioxidante de *Stemodia marítima* não provém dos seus componentes majoritário menos polares, os diterpenos, mas sim dos seus constituintes de maior polaridade e natureza fenólica. Dado que a polaridade desses compostos varia conforme seus grupos funcionais, os resultados sugerem que as moléculas responsáveis pela neutralização de radicais livres na planta possuem afinidade com o solvente etanólico. Essa eficácia reflete-se no valor de  $IC_{50}$  obtido, que posiciona o extrato dentro de uma faixa de atividade moderada a elevada em comparação a outras matrizes vegetais complexas. Assim, o emprego do método

DPPH não apenas valida o potencial da espécie, como também permite uma correlação direta com dados da literatura, consolidando a robustez científica dos achados apresentados.

### Avaliação da estabilidade preliminar do ET em loção hidratante de uso veterinário

A estabilidade preliminar da loção hidratante acrescida do extrato etanólico de *Stemodia maritima* foi avaliada macroscopicamente por meio da análise de suas características organolépticas. Os parâmetros observados foram comparados diretamente com a formulação controle, sem adição do extrato vegetal, conforme os resultados compilados na Tabela 3.

**Tabela 3** – Análise físico-químicas realizadas na formulação

FORMULAÇÃO	pH	COR	ODOR	ASPECTO
Loção hidratante sem extrato	6,0	Branca	Agradável	Cremoso
Loção hidratante acrescida de extrato	6,0	Marrom claro	Agradável	Cremoso com cores não muito uniforme

**Fonte:** Autores, 2026

Os ensaios de estabilidade da loção hidratante acrescida do extrato vegetal revelaram a manutenção de propriedades físico-químicas satisfatórias na maioria dos parâmetros. A preservação do valor de pH original da base comercial indica que a incorporação do extrato não comprometeu o equilíbrio ácido-base do sistema. Essa estabilidade é fundamental para garantir a compatibilidade com o pH cutâneo, minimizando riscos de irritabilidade e assegurando a eficácia terapêutica pretendida (BRASIL, 2008).

Quanto às características organolépticas, observou-se variação na coloração devido à pigmentação natural do extrato, enquanto o odor permaneceu íntegro, sem sinais de oxidação ou degradação. Sob estresse térmico a 70 °C, a formulação apresentou uma transição reversível do estado pastoso para o líquido, comportamento típico em temperaturas elevadas. No teste de centrifugação, embora tenha sido notada uma leve heterogeneidade visual, a manutenção da cremosidade ao toque confirmou a ausência de separação de fases significativa, sugerindo boa estabilidade física sob condições adversas.

De acordo com as investigações de Hendriks et al. (1997), a reduzida concentração de ceramidas na pele de cães e gatos eleva a vulnerabilidade cutânea a processos descamativos, resultantes do comprometimento da coesão entre os queratinócitos. Nesse sentido, a estabilidade e a segurança de formulações tópicas de uso veterinário são premissas

indispensáveis para mitigar riscos à saúde dos animais e evitar dermatopatias secundárias em seus tutores. Diante da ausência de regulamentação específica para testes de eficácia em cosméticos *pets*, a realização rigorosa de protocolos de segurança e estabilidade torna-se um diferencial competitivo essencial para assegurar a qualidade no mercado veterinário (WAGEMAKER, 2019).

A preservação da estabilidade físico-química, aliada ao potencial antioxidante demonstrado e ao perfil toxicológico favorável, ratifica a viabilidade tecnológica do extrato de *S. maritima* para o desenvolvimento de formulações tópicas. Todavia, a consolidação de sua aplicação industrial requer investigações complementares, incluindo ensaios de estabilidade acelerada, testes de eficácia microbiológica e avaliações de segurança dérmica, essenciais para garantir a integridade e a segurança do seu potencial uso.

## CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo ratificam o potencial biotecnológico do extrato etanólico da *Stemodia maritima* L., fundamentado por sua relevante atividade antioxidante, aliada à baixa toxicidade demonstrada frente à *Artemia salina*, qualificando a espécie como uma fonte promissora de fitoquímicos bioativos para aplicações na medicina veterinária.

11

A incorporação do extrato em uma loção hidratante resultou em estabilidade físico-química satisfatória, confirmando a compatibilidade entre o insumo vegetal e a matriz cosmética proposta.

Embora os achados sejam promissores, estudos adicionais em modelos biológicos mais complexos (*in-vitro* e *in-vivo*) incluindo avaliações de segurança e eficácia, são necessários para atender às exigências regulatórias e consolidar sua aplicação prática. Assim, este trabalho contribui para a valorização científica da biodiversidade brasileira, ampliando as evidências sobre o potencial biológico de *S. maritima* L. e fornecendo base para investigações futuras voltadas ao desenvolvimento de produtos para a saúde animal.

## REFERÊNCIAS

- 1- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16530:2021. Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Artemia sp.* (Crustacea, Brachiopoda). 09/2021.
- 2- ARRIAGA, Angela M.C. et al. Composition and larvicidal activity of essential oil from *Stemodia maritima* L. Natural Product Communications, v. 2, n. 12, p.1237–1239

1934578X0700201209, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1177/1934578X0700201209>

- 3- BRAHMACHARI, Goutam (Ed.). Chemistry and pharmacology of naturally occurring bioactive compounds. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- 4- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT – Food Science and Technology*, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- 5- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Guia de controle de qualidade de produtos cosméticos. 2. ed. rev. Brasília: Anvisa, 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/guia-de-controle-de-qualidade-de-produtos-cosmeticos.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2026.
- 6- DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. *Food Science and Technology*, Campinas, 26 (2): 446-452. 28 de abril de 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/X3SxxkjCGxfHGfj6hkJvVgM/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 10 de agosto de 2025.
- 7- FIDRIANNY, I; NADIA, E; RUSLAN W., K. In vitro antioxidant activities, total flavonoid, phenolic and carotenoid content from various extracts of four species asteraceae herb. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. vol 7. p 192-197. 25 de janeiro de 2015. Disponível em: <[https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference\\_id/8319853](https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/8319853)> Acesso em: 10 de agosto de 2025.
- 8- FINNEY, D. J. *Probit Analysis*. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1971.
- 9- FRANZEN, F. L. et al. Antioxidant and antimicrobial activity of edible flower extracts obtained by different extraction methods. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 25, n. 4, p. 513-520, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17921/14156938.2021v25n4p513-520>
- 10- GINTING, B. et al. Isolation of essential oil of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt) and antioxidant activity test with DPPH. *Journal Natural, Indonésia*. v 18. Fevereiro de 2018. Disponível em: <<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20203117102>>. Acesso em: 10 de agosto de 2025.
- 11- HARBORNE, J. B. *Phytochemical methods: a guide to modern techniques of plant analysis*. 3. ed. London: Chapman & Hall, 1998.
- 12- HENDRIKS WH, Tarttelin MF, Moughan PJ. Seasonal hair growth in the adult domestic cats (*Felis catus*). *Comp Biochem Physiol*. 1997;116A(1):29-35.
- 13- MAGALHÃES, Luís M. et al. Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. *Analytica chimica acta*, v. 613, n. 1, p. 1-19, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.02.047>

- 14- MENSOR, L. L. et al. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*, v. 15, n. 2, p. 127-130, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.687>
- 15- MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAM, J. E. et al. Brine shrimp: a conveniente general bioassay for active plant constituents. *Planta Medica*, v. 45, n. 5, p.31-34, 1982.
- 16- MONTEIRO, S. C.; BRANDELLI, C. L. C. Farmacobotânica: aspectos teóricos e aplicação. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- 17- NGUTA, J. M. et al. Biological screening of kenya medicinal plants using *Artemia salina* L. (Artemiidae). *Pharmacologyonline*, v.2, p.458-78, 2011.
- 18- RODRIGUES, F. E. A. et al. Diterpenes and other constituents from *Stemodia maritima* (Scrophulariaceae). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 21, n. 8, p. 1581-1586, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-50532010000800025>
- 19- SANTOS, B. F. S. et al. Toxicidade de produtos naturais e a *Artemia salina*. In: *Ciências agrárias: limites e potencialidades em pesquisa*. v. 3. [S.l.]: Editora Científica, 2023. DOI: <https://doi.org/10.37885/231014642>
- 20- SANTOS, Emanuelli dos; BENDER, Suzana. Avaliação de estabilidade em uma formulação clareadora. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 15,p.3, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i15.36979>
- 21- SILVA, F. R. L. et al. Phytochemical study, antioxidant and antibacterial activities of *Stemodia maritima* L. *Química Nova*, v. 37, n. 3, p. 443-447, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140255>
- 22- SILVA, W. M. B.; ASSUNÇÃO, J. C. C.; ARAÚJO, R. M.; SILVEIRA, E. R.; PESSOA, O. D. L. New volatile constituents from leaves of *Stemodia trifoliata* (Link.) Reichb. (Scrophulariaceae). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 20, n. 1, p. 37-41, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-50532009000100007>
- 23- SIMÕES, C. M. O. Farmacognosia: do produto natural ao medicamento. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- 24- SOUSA, R. S.; SILVA, J. A. G.; BORBA, E. F. O.; SOUSA, M. G. O.; SILVA, S. J. L.; SILVA, T. G. Phytochemical analysis and gastroprotective effect of the hexanic extract of *Stemodia maritima* L. *Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management*, v. 17, n. 2, p. 456-474, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18378/jbpam.v17i2.2243>.
- 25- TEIXEIRA, A. H. et al. *Stemodia maritima* L. extract decreases inflammation, oxidative stress, and alveolar bone loss in an experimental periodontitis rat model. *Frontiers in Physiology*, v. 8, art. 988, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.0098>
- 26- TUMILAAR, S. G. et al. A comprehensive review of free radicals, oxidative stress, and antioxidants: overview, clinical applications, global perspectives, future directions, and mechanisms of antioxidant activity of flavonoid compounds. *Journal of Chemistry*, v. 2024,

art. 5594386, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1155/2024/5594386>.

- 27- WAGEMAKER, Taís Aleriano Lucon. Desenvolvimento de formulações cosméticas para animais de estimação: desafios e perspectivas. *J Health Sci Inst*, v. 37, n. 3, p. 272-5, 2019.

