

# ***Stryphnodendron adstringens* (MART.) Coville (barbatimão): POTENCIAL BIOPRAGUICIDA**

*Stryphnodendron adstringens* (MART.) Coville  
(barbatimão): Biopesticidal potential

Flávio Guilherme Pereira Gonçalves<sup>1</sup>, Sinval Garcia Pereira<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (UFMA-CCAA) - Chapadinha-MA, Brasil.

## **Resumo**

**Introdução:** Abordagem ecológica de manejo com uso de biopesticidas é uma alternativa aos produtos químicos sintéticos, são naturalmente biodegradáveis, apresentam diferentes modos de ação, são mais baratos e possuem menos toxicidade para os organismos vivos. **Objetivo:** Estudos em laboratório foram conduzidos para avaliar o potencial biopraguicida de extratos de *Stryphnodendron adstringens* contra o *Sitophilus zeamais* e também a fitotoxicidade sobre *Vigna unguiculata* em laboratório. **Metodologia:** O estudo foi realizado com dois bioensaios, inseticida e fitotóxico, com extratos obtidos de folhas e frutos de *S. adstringens*, com a finalidade de definir o método de aplicação e o tempo para a avaliação da eficácia dos extratos nas concentrações de 0, 15, 30, 60 e 100%; o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2x5, com quatro repetições. **Resultados:** Os resultados revelaram que a mortalidade do gorgulho-do-milho aumentou com o aumento da concentração, a mortalidade máxima (92,0 %) da praga foi observada com o uso de extrato de *S. adstringens* nas concentrações de 60 e 100%, enquanto na fitotoxicidade, as maiores inibições foram de em 67,5 e 95,2%, respectivamente, para a radícula e hipocótilo na maior concentração. **Conclusão:** Se bem especificado, o biopesticida obtido de *S. adstringens* pode ser benigno em seus efeitos humanos e ambientais.

**Palavras-chave:** Bioensaio; Extrato; *Vigna unguiculata*; *Sitophilus zeamais*.

## Abstract

**Introduction:** Eco-friendly approach of management by using biopesticides is an alternative against synthetic chemicals, are naturally biodegradable, show different modes of action, less expensive, and possess less toxicity to living organisms. **Objective:** Laboratory studies were conducted to evaluate the biopesticidal potential of extracts of *Stryphnodendron adstringens* against *Sitophilus zeamais* and also the phytotoxicity on *Vigna unguiculata* in the laboratory. **Methodology:** The study was accomplished with two bioassays, insecticide and phytotoxic, with extracts obtained from leaves and fruits of *S. adstringens*, tends for purpose, to define the application method and the time needed to evaluate the extracts effectiveness at concentrations of 0, 15, 30, 60 and 100%, the experimental design was completely randomized in a of 2x2x5 factorial scheme, with four repetitions. **Results:** The results revealed that maize weevil mortality was increased with the increase in concentration, maximum mortality (92.0%) of the pest was observed with the use *S. adstringens* extract at 60 and 100% concentration, while phytotoxicity, the highest inhibitions were in 67.5 and 95.2%, respectively, for the radicle and hypocotyl in the highest concentration. **Conclusion:** When highly specified, the biopesticide obtained from *S. adstringens* can be benign in their human and environmental effects.

**Key-words:** Bioassay; Extract; *Vigna unguiculata*; *Sitophilus zeamais*.

Recebido em: 30-04-2021

Publicado em: 28-04-2022

## Autor correspondente

Sinval Garcia Pereira<sup>1</sup>

Universidade Federal do Maranhão - UFMA Centro de Ciências Agrárias e Ambientais - CCAA Campus IV MA-230, KM 04, s/nº - Boa Vista CEP 65500-000 - Chapadinha. Brasil.

[sinval.garcia@ufma.br](mailto:sinval.garcia@ufma.br)

## 1. Introdução

O principal método de controle de pragas e doenças são os defensivos agrícolas sintéticos<sup>1</sup> e, no cenário atual, são inúmeros os relatos do uso indiscriminado desses defensivos, contaminação ambiental<sup>2,3,4</sup>, resíduos nos alimentos<sup>5,6,7</sup> e seleção de populações resistentes a determinados princípios ativos sintéticos<sup>8,9</sup>.

Além da resistência desenvolvida pelas pragas aos produtos sintéticos, destacam-se também a ressurgência e erupção de pragas, e os problemas advindos sobre os inimigos naturais, com isso, a sociedade demanda alternativas como inseticidas botânicos<sup>10</sup>.

Geralmente, os biopraguicidas apresentam uma menor durabilidade, tanto após a aplicação, quanto em seu armazenamento e conservação.

Desse modo, nota-se a necessidade da realização de formulações que possibilitem o aumento da viabilidade desses produtos e sua obtenção pelos agricultores<sup>11,12</sup>, os inseticidas alternativos à base de extratos de plantas apresentam baixa toxicidade, são de simples manuseio e de baixo custo em relação aos agroquímicos sintéticos<sup>13</sup>.

Ainda, os biopraguicidas têm sido estudados e a diversidade da flora brasileira apresenta uma das mais ricas fontes de substâncias naturais com potencial agroquímico<sup>14</sup>. A diversidade de substâncias presentes na flora continua a ser um enorme atrativo na área de controle de patógenos, levando em consideração que apenas uma pequena parcela das plantas foi investigada com tais finalidade<sup>15</sup>.

Os produtos naturais extraídos podem constituir em uma fonte de substâncias bioativas compatíveis com programas de manejo integrado de pragas (MIP), o que pode reduzir os efeitos negativos ocasionados pela aplicação descontrolada de inseticidas organossintéticos ao meio ambiente<sup>16</sup>.

As plantas inseticidas são capazes de provocar inibição alimentar nos insetos, redução da motilidade intestinal, interferência na

síntese do ecdisônio, inibição da biossíntese da quitina, deformações em pupas e adultos, redução na fecundidade, longevidade, esterilização, inibição na oviposição e mortalidade de formas imaturas e adultas<sup>17</sup>.

Nesse contexto, encontra-se a planta *Stryphnodendron adstringens* (MART.) Coville (barbatimão), distribuída nas regiões de cerrado do Brasil, rica em substâncias com propriedades farmacológicas denominadas taninos<sup>18</sup>; o gênero é muito difundido na região Neotropical e suas espécies são amplamente utilizadas como madeira, na medicina popular e no curtimento<sup>19</sup>.

A espécie *S. adstringens* possui, além dos taninos, várias outras classes de metabólitos secundários como alcaloides, flavonoides, terpenos, estilbenos e esteroides. Os taninos são compostos fenólicos classificados segundo a sua estrutura química em dois grupos, taninos hidrolisáveis e taninos condensados<sup>28</sup> e formam complexos insolúveis em água na presença de alcaloides, gelatina e outras proteínas<sup>29</sup>.

O mapeamento tecnológico realizado, em 2019, evidenciou que a espécie *S. adstringens* destaca-

se no desenvolvimento de patentes de novos produtos, especialmente, por parte dos inventores e depositantes na forma de pessoa física<sup>20,21</sup>. Também foi inserida na lista da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse (RENISUS) junto às espécies vegetais com potencial medicinal de interesse ao SUS<sup>22</sup>.

Reconhecida também por possuir elevada atividade antioxidante, decorrente da inativação de radicais livres<sup>23,24</sup>, foi recomendada no formulário de fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira como creme cicatrizante<sup>25,26,27</sup>. E, estudos em animais sugerem que, de acordo com a dose, o extrato da casca possui substâncias capazes de afetar o Sistema Nervoso Central, o Sistema Respiratório e o Trato Gastrointestinal<sup>31</sup>.

A espécie em estudo, também, está registrada como Larvicida Bioquímico (Patente n°. C10305658-9), e o princípio ativo é o bioflavonoide quercetina (quercetina-3-glucosilgalactosideo), substância extraída dos frutos, que possui efeito inibidor do crescimento larval, de pupa e de ninfas dos insetos, e que causa a mortalidade

de larvas e adultos, dependendo da dose utilizada<sup>30</sup>.

Estudos apontam, ainda, que os representantes da família Fabaceae investigados, apresentam em sua composição química substâncias responsáveis por gerar um efeito alelopático sobre outras espécies, caracterizando, dessa forma, uma função ecológica desses vegetais para a constituição dos ecossistemas em que se incluem<sup>32</sup>.

Assim, objetivou-se avaliar o potencial biopraguicida do extrato obtidos de *S. adstringens*, sobre a praga de armazenamento de grãos *Sitophilus zeamais* (gorgulho-do-milho) e sobre a germinação e desenvolvimento das plântulas de *Vigna unguiculata* (feijão-caupi).

## 2. Metodologia

Localização, coleta da planta e obtenção dos extratos

O clima da região do Cerrado Leste Maranhense é classificado como tropical úmido<sup>33</sup>, com totais pluviométricos anuais que variam de 1.600 a 2.000 mm de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia<sup>34</sup> e temperatura média anual superior a 27 °C<sup>35</sup>.

Os extratos foram obtidos de folhas (1 kg) e frutos (1 kg) de *S.*

*adstringens*, coletados em área de mata nativa no Centro de Ciência Agrárias e Ambientais (CCAA), seguido de desidratação em local arejado à sombra, posteriormente, triturados em liquidificador industrial. Após a trituração, o material foi colocado em etanol 95% numa proporção de 1:6 (m: V), ficando em maceração por 10 dias; depois desse período, foram filtrados, obtendo os resíduos que foram descartados e as soluções etanólicas das folhas e dos frutos, as quais foram concentradas a vácuo, obtendo os dois extratos brutos etanólicos.

Esses extratos brutos foram diluídos na proporção 20 g de extrato em 100 mL de água, em duas condições, a primeira à temperatura ambiente (26 °C) (A.F) e, a outra, em água quente (A.Q). Para a A.Q, adotou-se o seguinte procedimento, efervescência da água até a ebulição, temperatura de 100°C, deixando-se 2 minutos após entrar em ebulição para fazer a diluição, obtendo dessa forma 4 soluções, as quais foram consideradas de concentração 100%.

As soluções aquosas foram diluídas nas concentrações de 15, 30 e 60%, aferidas em balões volumétricos de 25 mL. Dessa forma, cada solução totalizou 5 tratamentos ao incluir

a solução original (100%) e a testemunha (0%).

#### Bioensaios de fitotoxicidade

Os bioensaios de alelopatia foram realizados de acordo com metodologias desenvolvidas e adaptadas por vários autores<sup>36,37,38</sup>. Utilizou-se câmara de germinação, com temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. O experimento foi realizado em placas de Petri de 9,0 cm de diâmetro, forrada com uma folha de papel de filtro qualitativo, seguido da adição de 3 mL das soluções dos extratos nas concentrações de 0, 15, 30, 60 e 100%. Após evaporação do solvente utilizado nas diluições, o papel de filtro foi umedecido com solução aquosa de fungicida (Micostatim - 1%). Em seguida, colocaram-se 6 sementes de feijão-caupi, grãos adquiridos de produtores da região e irrigação diária de acordo com a necessidade.

As testemunhas receberam apenas a solução aquosa de fungicida. Foi considerada semente germinada aquela que apresentou extensão radicular igual ou superior a 2,0 mm. As germinações das sementes foram monitoradas em períodos de 7 dias, e a contagem foi realizada após esse período, verificando-se o

índice de germinação (%) e crescimento da plântula.

Cepas de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)

Os espécimes *S. zeamais* (gorgulho-do-milho), criados no próprio laboratório em recipientes contendo milho. O milho utilizado passou por um processo de beneficiamento, no qual foi submetido a baixas temperaturas (-5°C) em 3 ciclos, para evitar a presença de patógenos.

Bioensaio potencial inseticida

Os bioensaios de potencial inseticida foram realizados de acordo com metodologias desenvolvidas e adaptadas por vários autores<sup>39-42</sup>. O teste de potencial inseticida foi feito por contato e ingestão, onde foram pulverizados 3 mL das soluções e nas mesmas concentrações utilizadas nos bioensaios de alelopatia. As diferentes concentrações foram pulverizadas em 50 g de milho. Após a pulverização, aguardou-se o tempo de 24 horas para adicionar 10 insetos, e foi avaliado o índice de mortalidade (%), após 72 horas de exposição. Foi considerado aceitável, ou seja, com potencial

inseticida, aquele extrato que atingiu Índice de Mortalidade (%IM) com média superior ou igual a 60%.

Análise estatística

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos com 4 repetições cada. Aplicou-se ANOVA, teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação dos dados, utilizando o programa computacional Infostat®. Já para regressão linear, optou-se pelo programa do pacote Microsoft Excel® e esquema fatorial 2x2x5 (dois órgãos da planta, duas temperaturas de água e cinco concentrações do extrato de barbatimão) totalizando 20 tratamentos com 4 repetições cada. Realizou-se a análise de variância para diagnóstico de efeito significativo e as médias comparadas entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade por meio do programa computacional Infostat®<sup>43</sup>.

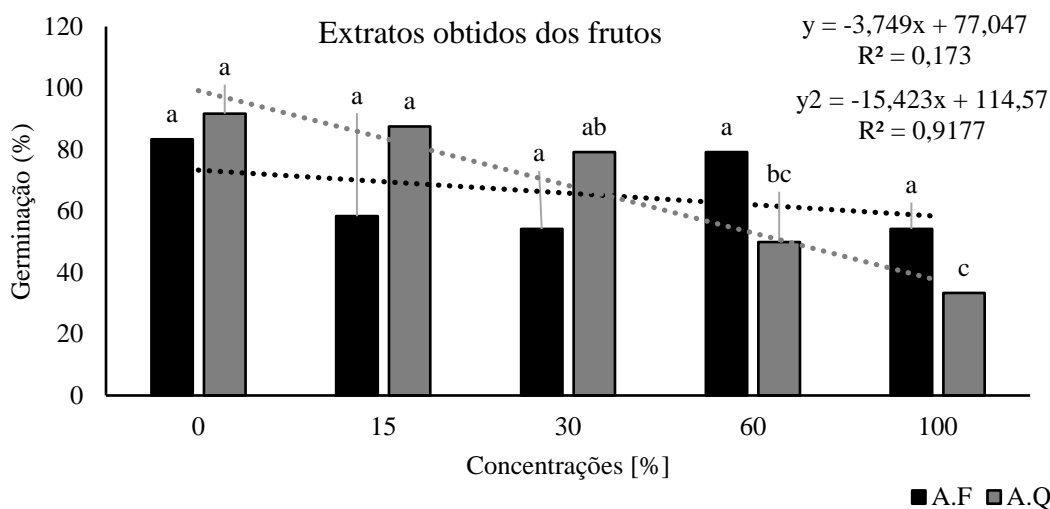
### 3. Resultados

Ação biológica sobre a germinação

Os dados sobre os percentuais de germinação dos frutos diluído em A.Q estão relacionados na **FIGURA 1**. Nas duas maiores concentrações, 60 e 100%, a inibição da germinação

foi de 45,5 e 63,7%, respectivamente, diferindo estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; os demais, A.F dos frutos e os dois extratos das folhas, apresentaram inibições da germinação inferiores

a 35,0%, considerando as concentrações utilizadas nos quatros bioensaios com extratos obtidos de folhas e frutos de *S. adstringens*, diluídos em água quente e água fria.



A.F = diluídos em água fria; A.Q = diluído em água quente. Médias seguidas das mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 1** - Percentuais da fitotoxicidade da planta *Stryphnodendron adstringens* sobre a germinação de sementes de feijão-caupi.

Ação biológica sobre plântulas de feijão-caupi

Na **TABELA 1**, estão relacionados os percentuais de inibição do crescimento de plântulas de feijão-caupi para as variáveis radícula e hipocótilo e, elas foram superiores a 51,7%. As maiores inibições foram

de 67,5 e 95,2%, respectivamente, para a radícula e hipocótilo na maior concentração e, ainda, na maior concentração todos os percentuais diferem da testemunha pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 1** - Médias em percentual da fitotoxicidade da planta *Stryphnodendron adstringens* sobre o comprimento da radícula e do hipocótilo de plântulas de feijão-caupi.

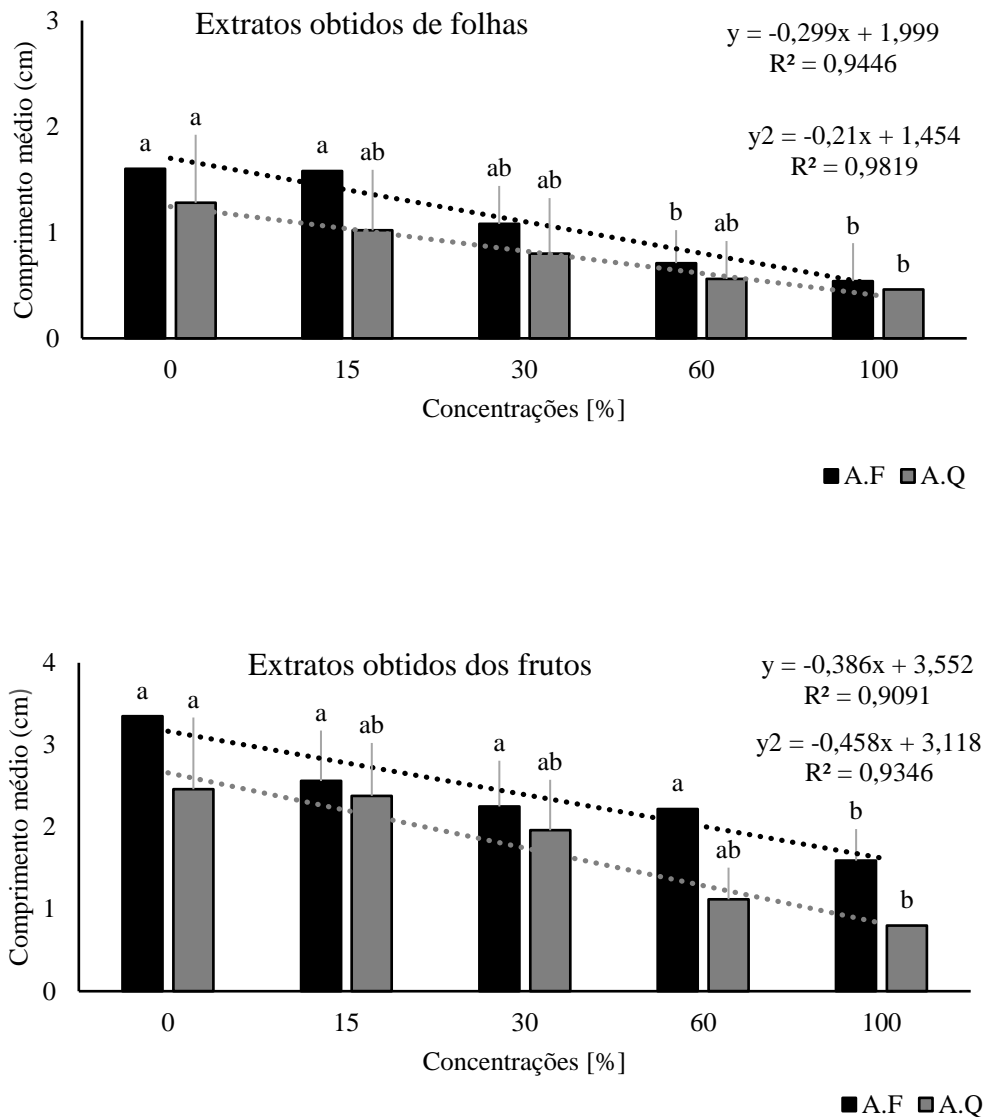
[ % ]	Fitotoxicidade sobre a radícula				Fitotoxicidade sobre o hipocótilo			
	Extrato/foliar		Extrato/frutos		Extrato/foliar		Extrato/frutos	
	A.F (%)	A.Q (%)	A.F (%)	A.Q (%)	A.F (%)	A.Q (%)	A.F (%)	A.Q (%)
15	1,3 a	20,3 ab	23,5 a	3,3 ab	22,9 a	-11,6 a	6,0 a	12,3 a
30	32,5 ab	37,5 ab	32,8 ab	20,3 ab	7,0 ab	23,8 a	8,0 a	22,3 a
60	55,6 b	56,3 ab	33,7 b	54,5 ab	36,5 b	17,0 a	11,1 a	50,1 ab
100	66,3 b	62,5 b	52,5 b	67,5 b	72,9 b	51,7 b	56,0 b	95,1 b
CV%	24,35	45,67	47,11	42,78	36,68	42,78	41,53	41,22

A.F = diluídos em água fria; A.Q = diluído em água quente. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação em %.

As equações do modelo de regressão linear da fitotoxicidade dos extratos A.F e A.Q obtidos das folhas e frutos de *S. adstringes*

sobre a radícula estão apresentadas na **FIGURA 2**, os valores de  $R^2$  foram superiores a 0,9000.

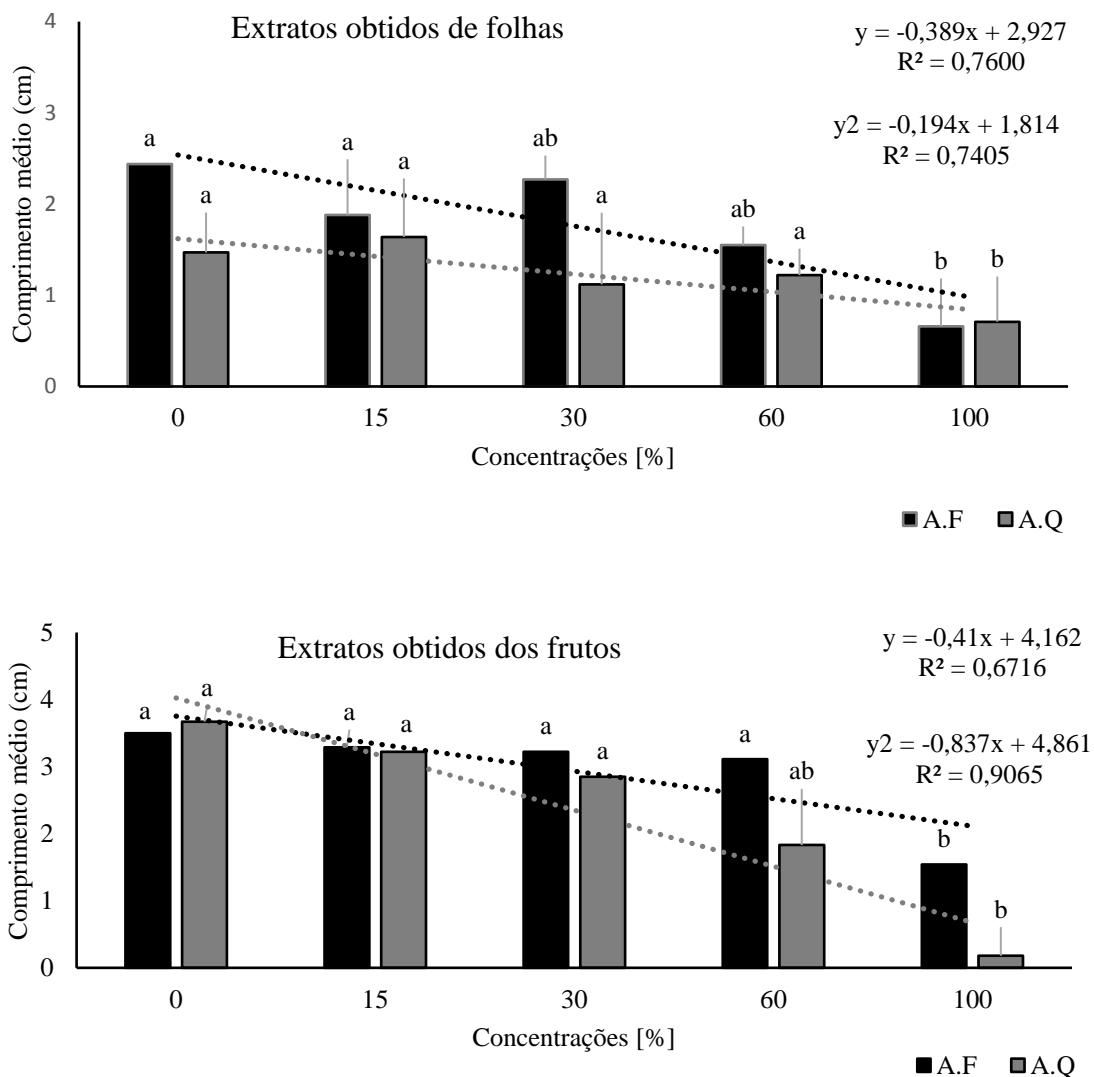




A.F = diluídos em água fria; A.Q = diluído em água quente. Médias seguidas das mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 2** - Fitotoxicidade da planta *Stryphnodendron adstringes* sobre o comprimento radicular (cm) de plântulas de feijão-caupi.

As equações do modelo de regressão linear da fitotoxicidade dos extratos A.F e A.Q obtidos das folhas e frutos de *S. adstringes* sobre o hipocótilo estão apresentadas na **FIGURA 3**, os valores de  $R^2$  foram superiores a 0,70.



A.F = diluídos em água fria; A.Q = diluído em água quente. Médias seguidas das mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 3** - Fitotoxicidade da planta *Stryphnodendron adstringens* sobre o comprimento do hipocótilo (cm) de plântulas de feijão-caupi.

#### Ação biológica inseticida

Os dados sobre os percentuais de mortalidade do gorgulho-do-milho utilizando extratos obtidos de folhas e frutos de *S. adstringens*

diluídos em água quente e água fria estão relacionados na **TABELA 2**. O extrato de folhas A.Q nas concentrações de 60 e 100% apresentou médias de mortalidade

superiores a 92,0% e as soluções obtidas do A.F teve como tratamento mais efetivo o de concentração a 100%. Para os extratos dos frutos, as médias de mortalidade foram

inferiores a 37,50, os dois extratos A.F e A.Q, com CV% elevados, respectivamente, de 63,25 e 102,42.

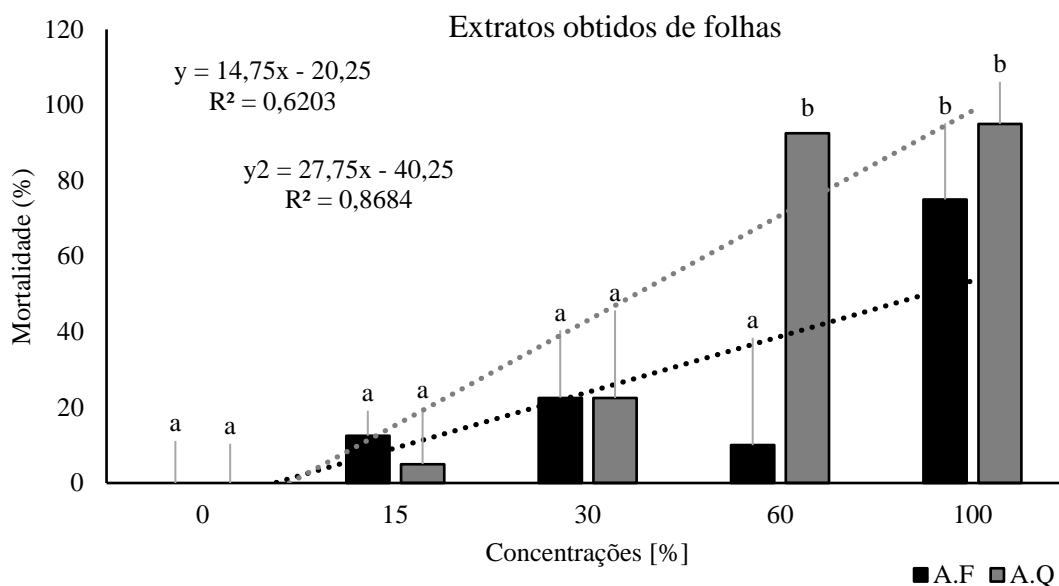
**Tabela 2** - Médias da mortalidade do gorgulho-do-milho pelos extratos da planta *Stryphnodendron adstringens*

[%]	Extrato foliar		Extrato frutos	
	A.F	A.Q	A.F	A.Q
0	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
15	12,50 a	5,00 a	0,00 a	0,00 a
30	22,50 a	22,50 a	2,50 a	10,00 a
60	23,00 a	92,50 ab	10,00 a	15,00 ab
100	75,00 a	95,00 b	37,50 a	22,50 b
CV%	49,53	32,00	63,25	102,42

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%= Coeficiente de variação em %.

Na **FIGURA 4**, estão relacionados os percentuais de mortalidade do gorgulho-do-milho pelos extratos

A.F e A.Q obtidos das folhas, o valor de  $R^2$  para o A.Q foi 0,8684.



A.F = diluídos em água fria; A.Q = diluído em água quente. Médias seguidas das mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 4** - Percentuais da ação inseticida dos extratos obtidos das folhas planta *Stryphnodendron adstringens* sobre gorgulho-do-milho.

#### 4. Discussão

Sobre a germinação, observou-se que os quatros bioensaios utilizando extratos obtidos de folhas e frutos de *S. adstringens* diluídos em água quente e água fria demonstraram diferenças discretas, os extratos com as folhas apresentaram inibições da germinação inferiores a 35,0%.

O extrato obtido de frutos e diluído em A.Q nas duas maiores concentrações 60% e 100% apresentaram diferenças estatísticas na germinação pelo Teste de Tukey a 5% de

probabilidade, com valores de inibição da germinação de 45,5 e 63,7%, respectivamente (**FIGURA 3**). Esses resultados corroboram os dados obtidos com o extrato alcoólico dos frutos de *Stryphnodendron polyphyllum* nas concentrações de 1000 a 6000 ppm, planta do mesmo gênero da *S. adstringens*<sup>44</sup>. Os dados das duas pesquisas evidenciaram que a fitotoxicidade sobre a germinação é inferior ao desenvolvimento da plântula, e estão de acordo com pesquisas as quais destacam que as

sementes são menos sensíveis aos metabólitos secundários presentes em extratos obtidos de plantas<sup>45</sup>

Em relação ao desenvolvimento da plântula, observa-se efeito fitotóxico para a radícula e para o hipocótilo com valores  $R^2$  acima de 0,9000 e 0,7000, respectivamente, destacando a inibição do crescimento do hipocótilo pelo extrato A.Q obtido dos frutos que foi de 95,1%, na maior concentração.

O comprimento do hipocótilo das plântulas é uma medida que exprime a capacidade destas em emergir, tendo em vista que o hipocótilo deve crescer em comprimento para superar a profundidade de semeadura, e em diâmetro para aumentar sua força e habilidade de suportar, sem deformidades, as resistências ocasionadas pelo peso dos cotilédones e por possíveis encrostamentos da superfície do solo<sup>46</sup>.

Dessa forma, percebe-se que os resultados obtidos com os tratamentos em maiores concentrações do extrato das folhas de *S. adstringens* inibem o desenvolvimento do hipocótilo do feijão-caupi, o que prejudicaria a emergência dessa planta, dificultando a elevação dos

cotilédones acima da superfície do solo.

E, ainda, os quatro bioensaios sobre a mortalidade de gorgulho-do-milho utilizando extratos obtidos de folhas e frutos de *S. adstringens* diluídos em água quente e água fria demonstraram grandes diferenças, os extratos de folhas apresentaram grande potencial inseticida, com destaque para o extrato A.Q que nas concentrações de 60 e 100% as médias de mortalidade foram superiores a 92,0 (**TABELA 2**), ao contrário, os dois extratos dos frutos não apresentaram potencial inseticida.

Os dados desta pesquisa demonstram o potencial inseticida de plantas, bem como outros dados disponíveis na literatura, como o óleo essencial de *Tagetes patula* que causou mortalidade variando de 81 a 100% em diferentes doses, sobre adultos de gorgulho-do-milho<sup>47,48</sup>. Em outra pesquisa, observou-se que as maiores letalidades foram observadas com as maiores concentrações do extrato de *S. adstringens* (1,5 mg mL<sup>-1</sup>)<sup>49</sup>. Isso demonstra uma correlação dose dependente, a mortalidade aumenta com o aumento da concentração dos extratos.

Na dessecação dos dados, o DIC em esquema fatorial 2x2x5 e análise de

variância para diagnóstico de efeito significativo e as médias comparadas entre si pelo teste Scott-Knott a 5% resultaram nos dados relacionados na **TABELA 3**. As

variáveis F são Germinação (%), Comprimento do Hipocótilo (cm), Comprimento da radícula (cm) do feijão-caupi e Mortalidade dos insetos gorgulho-do-milho (%).

**Tabela 3** - Valores de F dos extratos de folhas e frutos de *Stryphnodendron adstringens* diluídos em água fria (A.F) e água quente (A.Q) em diferentes concentrações.

	Valor de F			
	Germinação (%)	Comprimento Hipocótilo (cm)	Comprimento Radícula (cm)	Mortalidade (%)
Folhas/Frutos (O)	2,9748 ns	50,3145 **	78,7802 **	65,8966 **
Tipo de extração (E)	1,5984 ns	13,6785 **	17,0573 **	14,7135 **
Concentrações (C)	10,4428 **	16,8646 **	14,8885 **	60,8873 **
O x E	1,6019 ns	0,4520 ns	4,2027 **	8,6658 **
O x C	3,5360 **	2,6475 **	1,5185 ns	11,8448 **
E x C	0,8391 ns	0,3228 ns	0,4231 ns	8,6459 **
O x E x C	4,6701 **	3,0871 **	0,3429 ns	9,1631 **

\*\*= significativo para o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade ns= não significativo.

Pelos valores obtidos para a variável germinação, os tratamentos com soluções dos extratos A.Q e A.F de folhas/frutos (O) e por meio da técnica de extração não foram significativos ( $p > 0,05$ ), quanto às concentrações, o percentual foi significativo pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). No entanto, quando se observa a interação OxE e ExC, não houve significância (Scott-Knott a 5% de

probabilidade,  $p > 0,05$ ) também, por outro lado, foi significativo para a interação OxC e para a interação tripla (OxExC).

Em relação ao comprimento do hipocótilo, destaca-se que apenas duas variáveis foram não-significativas (Scott-Knott a 5% de probabilidade,  $P > 0,05$ ), as interações OxE e ExC. Entretanto, houve efeito significativo para todas as demais interações.

No comprimento radicular, quando avaliados separadamente, os efeitos A.F e A.Q de O, na forma de extração e concentração, tem-se a bioatividade verificada, assim, como quando se tem o cruzamento entre folhas/frutos e extração. A interação observada entre OxC e ExC não apresentaram significância (Scott-Knott a 5% de probabilidade,  $P>0,05$ ), assim como a interação tripla OxCExC. Quanto à mortalidade, todos os procedimentos empregados foram favoráveis pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, apresentando neste quesito o melhor resultado do fatorial em relação à variável germinação, comprimento do hipocótilo e comprimento radicular.

É nítido que os maiores índices de bioatividade foram registrados nas combinações que continham a maior concentração do extrato de *S. adstringens* e, por outro lado, não se observam diferenças robustas em relação ao tipo de diluição, em água quente e água fria. O possível efeito esperado em função da hidrólise que acontece com as moléculas bioativas (taninos, flavonoides, saponinas, alcaloides)<sup>49</sup> ao entrarem em contato com as moléculas de água quente, o que resulta em moléculas diferentes e, portanto, com efeito

biopraguicida distintos, não se verificou estatisticamente.

Verificou-se também, que o extrato proveniente das folhas teve um efeito inseticida superior ao efeito do extrato do obtidos dos frutos (**FIGURA 3**) o que pode ser explicado pela presença de taninos, de acordo com pesquisadores<sup>50,51,52</sup>, a concentração de tanino presente na folha é de aproximadamente 30%, e, na casca do caule, a concentração de tanino chega a 40% e de apenas traços nos frutos.

Os efeitos bioquímicos e concentrações dos taninos resultam em maior ou menor poder adstringente, resultando em intoxicações e efeitos antinutricionais em herbívoros. Os efeitos nocivos são causados pelas ligações das moléculas bioativas com as moléculas de proteínas, o que as torna indigestas e insolúveis. Entretanto, a rápida mortalidade de insetos tratados com quantidades de taninos condensado se deve a atividades tóxicas dessas moléculas e não a indigestibilidade causada por elas<sup>53</sup>.

## 5. Conclusão

Concomitantemente, verificou-se que os tratamentos que registraram os melhores índices de letalidade sobre o gorgulho-do-milho, foram os

mesmos que registraram elevada fitotoxicidade sobre o desenvolvimento da radícula e do hipocótilo de feijão-caupi.

A análise do fatorial pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade demonstrou que todas as variáveis bioinseticida empregadas foram significativas, porém, o mesmo resultado não se observou para a fitotoxicidade sobre as variáveis, germinação, comprimento do hipocótilo e comprimento radicular, e, entre estas, o comprimento do hipocótilo apresentou o maior número de interações significativas com potencial fitotóxico.

#### **6. Declaração de conflito de interesses**

Os autores do artigo afirmam que não houve nenhuma situação de conflito de interesses.

#### **6. Agradecimentos**

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - FAPEMA pelo suporte financeiro.

#### **7. Referências**

1. SHIRGAPURE, K. H.; GHOSH, P. Allelopathy a tool for sustainable

weed management. *Archives of Current Research International*, v. 20, n. 3, p.17-25, 2020.

2. ALBUQUERQUE, A. F.; RIBEIRO, J. S.; KUMMROW, F.; NOGUEIRA, A. J. A.; MONTAGNER, C. C.; UMBUZEIRO, G. A. Pesticides in Brazilian fresh waters: A critical review, Limeira, *Environmental Science: Processes and Impacts*, v. 18, n. 7, p. 779-787, 2016.

3. VIEIRA, D. C.; NOLDIN, J. A.; DESCHAMPS, F. C.; RESGALLA, C. Ecological risk analysis of pesticides used on irrigated rice crops in southern Brazil. *Chemosphere*, v. 162, p. 48-54, 2016.

4. MANSOURI, A.; CREGUT, M.; ABBES, C.; DURAND, M. J.; LANDOULSI, A.; THOUAND, G. The environmental issues of DDT pollution and bioremediation: a multidisciplinary review. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 181, n. 1, p. 309-339, 2017.

5. CANTARUTTI, T. F. P.; ARAÚJO, S. L.; ROSSI, S. C.; DALSENTER, P. R. Resíduos de pesticidas em alimentos. *Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, v. 18, p. 9-16, 2008.

6. CALDAS, E.D.; DE SOUZA, M.V.; JARDIM, A.N.O. Dietary risk assessment of organophosphorus and dithiocarbamate pesticides in a total diet study at a Brazilian university restaurant. *Food Additives and Contaminants*, v. 28, n. 1, p. 71-79, 2011.



7. AVANCINI, R. M.; SILVA, I. S.; ROSA, A.C.S.; SARCINELLI, P.D.N.; DE MESQUITA, S.A. Organochlorine compounds in bovine milk from the state of Mato Grosso do Sul - Brazil. *Chemosphere*, v. 90, n. 9, p. 2408-2413, 2013.
8. SILVA, J. E.; ASSIS, C. P. O.; RIBEIRO, L. M. S.; SIQUEIRA, H. A. A. Field-evolved resistance and cross-resistance of Brazilian *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) populations to diamide insecticides. *Journal of Economic Entomology*, v. 109, n. 5, p. 2190-2195, 2016.
9. RIBEIRO, L. M. S.; SIQUEIRA, H. A. A.; WANDERLEYTEIXEIRA, V.; FERREIRA H. N.; SILVA, J. E.; TEIXEIRA, Á. A. C. Field resistance of Brazilian *Plutella xylostella* to diamides is not metabolism-mediated. *Crop Protection*, v. 93, p. 82-88, 2017.
10. MOREIRA, M. D.; PICANÇO, M. C.; SILVA, E. M.; MORENO, S. C.; MARTINS, J. Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. Controle alternativo de pragas e doenças. Viçosa: EPAMIG/CTZM, p. 89-120, 2006.
11. BAJPAI, A. K.; GIRI, A. Swelling dynamics of a macromolecular hydrophilic network and evaluation of its potential for controlled release of agrochemicals. *Reactive and Functional Polymers*, v. 53, n. 2-3, p. 125-141, 2002.
12. VIEIRA, M. R.; SACRAMENTO, L. V. S.; FURLAN, L. O.; FIGUEIRA, J. C.; ROCHA, A. B. O. Efeito acaricida de extratos vegetais sobre fêmeas de *Tetranychus urticae* Kock (Acari: Tetranychidae). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 8, n. 4, p. 210-217, 2006.
13. INNECO, R.; CARDOSO, S. S.; SANTOS, L. R. R. Métodos alternativos de controle de pragas e doenças. Belém: UFPA, 2008. 43 p.
14. BRAZ FILHO, R. Contribuição da fitoquímica para o desenvolvimento de um país emergente. *Química Nova*, v. 33, n. 1, p. 229-239, 2010.
15. SCHMALTZ, C.; SANTOS, J. V.; GUTERRES, S. S. Nanocápsulas como uma tendência promissora na área cosmética: a imensa potencialidade deste pequeno grande recurso. *Infarma*, v. 16, n. 13-14, p. 80-85, 2005.
16. ZOTTI, M. J.; GRÜTZMACHER, A. D.; GRÜTZMACHER, D. D.; CASTILHOS, R. V.; MARTINS, J. F. S. Seletividade de inseticidas usados na cultura do milho para ovos e ninfas do predador *Doru lineare* (Eschscholtz, 1822) (Dermaptera: Forficulidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, v.77, n.1, p.111-118, 2010.
17. BOIÇA JUNIOR, A. L.; MEDEIROS, C. A. M.; TORRES, A. L.; CHAGAS FILHO, N. R. Efeito de extratos aquosos de plantas no desenvolvimento de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em couve. *Arquivos do Instituto Biológico*, v.72, n.1, p.45-50, 2005.

18. BARBOSA, I. L. B. D.; OLIVEIRA, H. R.; TERRIBILE, L. C.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Geographical distribution of *Stryphnodendron adstringens* Mart. Coville (Fabaceae): modeling effects of climate change on past, present and future. [Brazilian Journal of Botany](#), v. 42, p. 53-61, 2019.
19. SANTOS, [K. C. M. dos](#); SANTOS, [G. U. C. A. dos](#); BARROS, [C. F.](#); LIMA, [H. C. de L.](#); CALLADO, [C. H.](#) Wood anatomy of seven *Stryphnodendron* species (Mimosoid clade - Caesalpinioideae - Leguminosae). *International Association of Wood Anatomists Journal*, v. 40, n. 1, p. 43-57, 2019.
20. NASCIMENTO, C. A.; BALLIAN, T. L.; SILVA, D. M.; SILVA, R. M.; FARIAS, K. F.; PITTA, G. B. B. Prospecção Tecnológica sobre a Utilização do *Stryphnodendron Adstringens* (Mart.) Coville (Barbatimão). *Cadernos de Prospecção*, v. 12, n. 2, p. 450-459, 2019.
21. SOUZA, U. J. B. de. VITORINO, L. C.; BESSA, L. A. Trends in the scientific literature on *Stryphnodendron adstringens* (Leguminosae): an important Brazilian medicinal tree. *Multi-Science Journal*, v. 3, n. 1, p. 8-15, 2020.
22. MS. Ministério da Saúde. Fitoterapia. RENISUS: Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS. 2010. Disponível em: <[portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/RENISUS.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/RENISUS.pdf)>. Acesso em 01 nov. 2021.
23. HASLAM, E. Natural Polyphenols (Vegetable Tannins) as Drugs: Possible Modes of Action. *Journal of Natural Products*, v. 59, n. 2, p. 205-220, 1996.
24. HERZOG-SOARES, J. D.; ALVES, R. K.; ISAC, E.; BEZERRA, J. C.B.; GOMES, M. H.; SANTOS, S. C.; FERRI, P. H. Atividade tripanocida *in vivo* de *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão verdadeiro) e *Caryocar brasiliensis* (pequi). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.12, n. 1, p. 1-2, 2002.
25. ARDISSON, L.; GODOY, J. S.; FERREIRA, L. A. M.; STEHMANN, J. R.; BRANDÃO, M. G. L. Preparação e caracterização de extratos glicólicos enriquecidos em taninos a partir das cascas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 12, n. 1, p. 27-34, 2002.
26. BRANDÃO, M. G. L.; ZANETTI, N. N. S.; OLIVEIRA, G. R. R.; GOULART, L. O.; MONTE-MOR, R. L. M. Other medicinal plants and botanical products from the first edition of the Brazilian Official Pharmacopoeia. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 18, n. 1, p. 127-134, 2008.
27. FARMACOPEIA BRASILEIRA. FORMULARIO DE FITOTERÁPICOS FARMACOPEIA BRASILEIRA, 1. ed. 2011. 126 p. Disponível em: [www.anvisa.gov.br/farmacopeiabrasileira/conteudo/Formulario](http://www.anvisa.gov.br/farmacopeiabrasileira/conteudo/Formulario) de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira .pdf. Acesso em: 04 fev. 2021.

28. MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. *Química Nova*, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.
29. FONSECA, P.; LIBRANDI, A. P. L. Avaliação das características físico-químicas e fitoquímica de diferentes tinturas de barbatimão (*Stryphnodendron barbatiman*). *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 44, n. 2, p. 271-277, 2008.
30. MIRANDA, A. L. D. Larvicida Bioquímico - Patente nº. C10305658-9. Brasil/Pernambuco. 11-08-2009. Disponível em <<http://www.patentesonline.com.br/larvicida-bioquimico-40641.html>>. Acesso em 22 jan de 2021.
31. LIMA, J. C. S.; MARTINS, D. T. O.; DE SOUZA, P. T. Experimental evaluation of stem bark of *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville for antiinflammatory activity. *Phytotherapy Research*, v. 12, n. 3, p. 218-220, 1998.
32. OLIVEIRA, Y. R.; SILVA, P. H. da; ABREU, M. C. de; LEAL, C. B.; OLIVEIRA, L. P. de. Potencial alelopático de espécies da família Fabaceae Lindl. *Ensaio e Ciências*, v. 24, n. 1, p. 65-74, 2020.
33. SELBACH, J. F.; LEITE, J. R. S. A. 2008. *Environment in Lower Parnaíba: eyes in the world, feet in the region*. São Luís: EDUFMA, 216p.
34. INMET - National Institute of Meteorology of Brazil. (2019). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/mapaEstacoes>. Acessado em: 08/06/2021.
35. PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 10, n. 4, p.758-766, 2016.
36. INDERJIT; DARKSHIN, K. M. M. On laboratory bioassays in allelopathy. *The Botanical Review*. v. 6, n. 1, p. 28-44, 1995.
37. MACÍAS, F. A.; CASTELLANO, D.; MOLINILLO, J. M. G. Search for a standard phytotoxic bioassay for allelochemicals. Selection of standard target species. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, v. 48, n. 6, p. 2512-2521, 2000.
38. BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes*, Brasília: SNAD/CLAV, 2009. 395p.
39. ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Of Economic Entomology*, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925.
40. ROBERTSON, J. L.; PREISLER, H. K. *Pesticide bioassays with arthropods*. CRC, Boca Raton, FL. Sirota, JM, and E. Grafius. 1994. *Effects of cyromazine on larval survival, pupation and adult emergence of Colorado potato*

- beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Economic Entomology, v. 87, p. 577-582, 1992.
41. ALMEIDA, F. A. C.; GOLDFARB, A. C.; GOUVEIA, J. P. G. Avaliação de extratos vegetais e métodos de aplicação no controle de *Sitophilus* spp. Revista Brasileira Produtos Agroindustriais, v. 1, n. 1, p. 13-20, 1999.
42. BARREIRO, A. P.; DELACHIAVE, M. E. A.; SOUZA, F. S. Efeito alelopático de extratos de parte aérea de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] na germinação e desenvolvimento da plântula de pepino. Revista Brasileira de Plantas Medicinas, v.8, n.1, p.4-8, 2005.
43. Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
44. PETACCI, F.; MOMESSO, M. A.; LATRÔNICO, A. H.; NEVES, M. G.; FREITAS, S. S. Potencial fitotóxico de frutos de *Stryphnodendron polyphyllum*. Revista Ecosistema, v. 26, n. 2, 2001.
45. FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: Uma área emergente da ecofisiologia. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v. 12, n. 1, p. 175-204, 2000.
46. COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; THOMAS, A. L.; ALBERTON, M. Comprimento e índice de expansão do hipocótilo de cultivares de soja. Ciência Rural, v. 29, n. 4, p. 609-612, 1999.
47. RESTELLO, R. M.; MENEGATT, C.; MOSSI, A. J. Efeito do óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). Revista Brasileira de Entomologia, v. 53, n. 2, p. 304-307, 2009.
48. NASCIMENTO, F. J.; DINIZ FILHO, E. T.; MESQUITA, L. X.; OLIVEIRA, A. M. T.; PERREIRA, F. C. Extractos vegetales en el control de plagas. Revista verde, v. 3, p. 1-5, 2008.
49. FONSECA, J.; COUTO, I. F.S.; SILVA, R. M.; FIORATTI, C. A. G.; PEREIRA, F. F.; MAUAD, M.; SCALON, S. P. Q.; CARVALHO, E. M.; MUSSURY, R. M. Efecto de extractos metanólicos de *Stryphnodendron astringentes* (Mart.) Coville sobre la alimentación y reproducción de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: plutellidae). Interciencia, v. 43, n. 3, p. 182-187, 2018.
50. ALMEIDA, A. P. M. G. et al. Avaliação do efeito tóxico de *Leucaena leucocephala* (Leg. Mimosoideae) em ovinos. Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 26, n. 3, p. 190-194, 2010.
51. MELO, R. R.; ARAÚJO, E.; SILVA, A. A. L.; RANDAU, K. P.; XIMENS, E. C. P. A. Características farmacobotânicas, químicas e biológicas de *Syzygium alaccense* (L.). Revista Brasileira de

Farmácia, v. 90, n. 4, p. 298 - 302, 2010.

52. SOUZA, T. M.; SEVERI, J. A.; SILVA, V. Y. A.; SANTOS, E.; PIETRO, R. C. L. R. Bioprospecção de atividade antioxidante e antimicrobiana da casca de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (*Leguminosae* - *Mimosoidae*). Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada, v. 28, n. 2, p. 221-226, 2007.

53. Ayres, M. P.; Clausen, T. P.; MacLean Jr, S. F.; Redman, A. M.; Reichardt, P. B. Diversity of structure and antiherbivore activity in condensed tannins. Ecology, v. 78, p. 1696-712, 1997.