

Macapá, AP / Abril, 2026

OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL



Óleos essenciais de três espécies do gênero *Piper* no controle de parasitos monogenéticos das brânquias de tambaqui



**Embrapa**

Amapá

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**  
**Embrapa Amapá**  
**Ministério da Agricultura e Pecuária**

ISSN 1517-4859 / e-ISSN 0000-0000

## **Documentos 109**

Abril, 2026

Óleos essenciais de três espécies do  
gênero *Piper* no controle de parasitos  
monogenéticos das brânquias de tambaqui

*Marcos Tavares-Dias*  
*Eliane Tie Oba Yoshioka*  
*Francisco Célio Maia Chaves*

**Embrapa Amapá**  
*Macapá, AP*  
2026

**Embrapa Amapá**  
Rodovia Josmar Chaves Pinto, 2.600,  
Km 05  
68906-970 Macapá, AP  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
Presidente  
*Jamile da Costa Araújo*  
Secretário-executivo  
*Felipe Galdino Machado*  
Membros  
*Daniela Loschtschagina Gonzaga*  
*Gilberto Ken-Iti Yokomizo*  
*Nagib Jorge Melém Júnior*  
*Valeria Saldanha Bezerra*

Edição executiva  
*Leandro Fernandes Damasceno*  
Revisão de texto  
*Maria Perpétua Beleza Pereira*  
Normalização bibliográfica  
*Andrea Liliâne Pereira da Silva*  
Projeto gráfico  
*Leandro Sousa Fazio*  
Diagramação  
*Gleise Maria Teles de Oliveira*  
Fotos da capa  
*Fábio Sian Martins*  
Publicação digital: PDF

### **Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Amapá

---

Tavares-Dias, Marcos.

Óleos essenciais de três espécies do gênero *Piper* no controle de parasitos monogenéticos das brânquias de tambaqui / Marcos Tavares-Dias, Eliane Tie Oba Yoshioka, Francisco Célio Maia Chaves. – Macapá : Embrapa Amapá, 2026.

PDF (46 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Amapá, e-ISSN 1517-4859 ; 109).

1. Peixe. 2. Doença animal. 3. Óleo essencial. 4. Pimenta. 5. Parasito animal. I. Yoshioka, Eliane Tie Oba. II. Chaves, Francisco Célio Maia. III. Título. IV. Série.

CDD (21. ed.) 639.3

---

*Andréa Liliâne Pereira da Silva* (CRB-2/1166)

© 2026 Embrapa

# Autores

---

## **Marcos Tavares-Dias**

Biólogo, doutor em Aquicultura de Águas Continentais, pesquisador da Embrapa Amapá, Macapá, AP

## **Eliane Tie Oba Yoshioka**

Bióloga, doutora em Ciências Fisiológicas, pesquisadora da Embrapa Amapá, Macapá, AP

## **Francisco Célio Maia Chaves**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM



# Apresentação

---

Este Documento faz parte de uma série de estudos da Embrapa Amapá, realizados a partir de financiamento obtido via Edital Universal do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), sobre o uso de óleos de plantas no controle de parasitas de peixes cultivados. Em parceria com a Embrapa Amazônia Ocidental, foram testados os óleos essenciais de *Piper callosum*, *Piper marginatum* e *Piper hispidum* no controle de parasitas monogenéticos das brânquias de tambaqui (in vitro e in vivo), peixe nativo da Amazônia frequentemente acometido por doenças causadas por tais ectoparasitos.

Os óleos essenciais apresentam-se como uma alternativa ao uso de quimioterápicos convencionais utilizados na piscicultura. Espera-se, portanto, que essas informações auxiliem no estabelecimento de tratamentos fundamentados nos princípios de uma piscicultura mais sustentável, contribuindo para a redução de impactos ambientais, para a inovação científica e para o uso responsável da biodiversidade amazônica, em consonância com as tendências da aquicultura mundial.

Dessa forma, o presente trabalho alinha-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ao promover sistemas de produção aquícola mais sustentáveis; 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao incentivar a substituição de insumos químicos por alternativas naturais; e 15 (Vida Terrestre), ao valorizar o uso sustentável da biodiversidade.

*Cristiane Ramos de Jesus*  
Chefe-Geral da Embrapa Amapá



# Sumário

---

<b>Introdução</b>	9
<b>Criação de tabaqui e os parasitos monogenéticos</b>	12
<b>Óleos essenciais no controle de monogenéticos e espécies de plantas do gênero <i>Piper</i></b>	20
<b>Recomendações para o uso de óleos essenciais de plantas do gênero <i>Piper</i> em banhos terapêuticos contra monogenéticos das brânquias de tabaqui</b>	23
<b>Considerações finais</b>	38
<b>Referências</b>	39



## Introdução

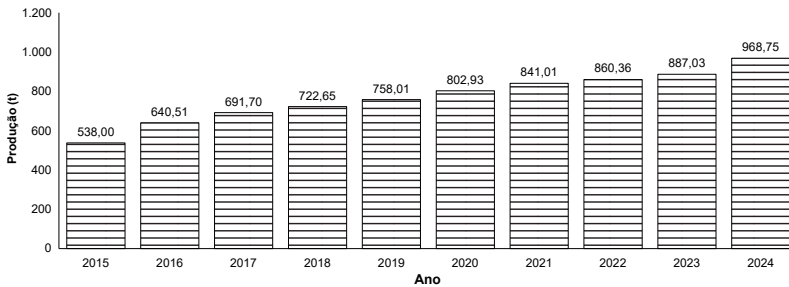
---

Em 2022, a produção pesqueira e aquícola mundial atingiu recorde histórico de 223,2 milhões de toneladas, gerando US\$ 472 bilhões e contribuindo com cerca de 21 kg de alimentos de animais aquáticos per capita. Essa produção constituiu cerca de 15% do suprimento de proteína animal para consumo humano, atingindo mais de 50% em vários países da Ásia e da África. Enquanto a produção da pesca permaneceu praticamente inalterada por décadas, a produção da aquicultura cresceu 6,6% desde 2020, contribuindo com mais de 57% dos produtos de animais aquáticos usados para consumo direto (FAO, 2024). Além disso, o setor pesqueiro e aquícola empregou cerca de 62 milhões de pessoas somente na produção primária (FAO, 2024).

No Brasil, entre as principais espécies de peixes mais cultivadas estão a tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) e o tambaqui (*Colossoma macropomum*), que é uma espécie nativa de grande importância para a piscicultura nacional. O tambaqui também é criado na Colômbia, na Venezuela, no Peru, no Panamá e em Honduras, bem como em países asiáticos, tais como China, Filipinas, Malásia, Mianmar, Vietnã e Tailândia (Lima et al., 2024; Rodrigues et al., 2024; Associação Brasileira da Piscicultura, 2025). A produção da piscicultura vem crescendo desde 2015, com aumento de 9,2% em 2024 quando comparado a 2023 (Figura 1), demonstrando, assim, a forte reação desse setor nacional de produção, mesmo em momentos de instabilidade mundial (Associação Brasileira da Piscicultura, 2025).

A crescente procura por alimentos e o aumento global do consumo per capita de peixes, devido ao crescimento populacional mundial, têm levado cada vez mais à intensificação da aquicultura (Dasari et al., 2024; FAO, 2024). Nos últimos anos, devido a tais demandas, a aquicultura global tornou-se uma das indústrias de produção de alimentos de origem animal de maior crescimento, englobando principalmente a piscicultura. Conseqüentemente, a aquicultura está entre os setores mais dinâmicos do sistema alimentar global, mas com produção

ainda centralizada em algumas regiões do planeta, notadamente na Ásia (Dasari et al., 2024; FAO, 2024; Tu et al., 2025).



**Figura 1.** Produção da piscicultura brasileira nos últimos 10 anos.

Fonte: Associação Brasileira da Piscicultura (2025).

Os peixes são considerados uma fonte indispensável de proteínas para a alimentação do homem; estima-se que cerca de 17% da população mundial dependa desse recurso devido ao seu papel fundamental na segurança alimentar, na nutrição e na geração de renda, principalmente em países em desenvolvimento (Dasari et al., 2024). Entretanto, a crescente demanda, a intensificação da produção, os manejos inadequados, a alta densidade de estocagem, a baixa qualidade da água, entre outros fatores, têm aumentado a suscetibilidade dos peixes a diferentes enfermidades decorrentes do estresse, favorecendo a proliferação de parasitos em populações criadas intensivamente (Tavares-Dias; Martins, 2017; Rocha et al., 2018; Doan et al., 2020; Hoai, 2020; Luz et al., 2021; Yilmaz; Yildiz, 2023).

Na produção global de peixes, os impactos econômicos causados por perdas anuais devido a parasitoses foram estimados em cerca de 9,6 bilhões de dólares por ano (Shinn et al., 2015a). No Reino Unido, esses prejuízos em peixes marinhos e de água doce variam de 5,8 a 16,5%, totalizando entre 62 milhões e 175 milhões de dólares por ano (Shinn et al., 2015b). Recentemente, devido à ocorrência de doenças em diferentes níveis da produção de bagres (*Heterobranchus* spp. e

*Clarias* spp.) na Nigéria, com taxas de mortalidade variando de 1,9 a 19,7%, as perdas foram avaliadas em 192,79 a 2.056,38 dólares por ciclo de produção, respectivamente (Mukaila et al., 2023). No Brasil, as perdas econômicas diretas e indiretas provocadas por surtos de doenças e mortalidades de peixes, incluindo infecções causadas por monogenéticos (monogeniose), somam cerca de 84 milhões de dólares anuais (Tavares-Dias; Martins, 2017). Essas perdas podem ser ainda maiores atualmente e demandam atualização constante. No entanto, nem todos os surtos na piscicultura brasileira são registrados oficialmente ou relatam as perdas com mortalidades, o que inviabiliza estimativas nacionais precisas das perdas econômicas do setor. Além disso, a mensuração desses impactos econômicos é complexa, pois os custos podem ser afetados por diversos fatores ambientais e de gestão, variando desde a perda direta na produção até custos indiretos com o controle e a gestão das parasitoses. Diante desse cenário, o desenvolvimento de alternativas eficazes para o tratamento e controle de monogeniose é urgente, visto que as estratégias terapêuticas atuais são insatisfatórias. Portanto, a descoberta de novos produtos terapêuticos é essencial para auxiliar o crescimento constante e o aumento da produtividade na indústria da piscicultura (Tu et al., 2025).

A indústria global da piscicultura, a exemplo de outros sistemas de produção intensiva, enfrenta desafios causados por doenças parasitárias emergentes e não emergentes ainda não diagnosticadas. Tais enfermidades representam um dos entraves que impactam a comercialização de peixes em muitas regiões, impedindo, assim, o desenvolvimento econômico e social. Entre os impactos socioeconômicos, destacam-se a perda de renda e meios de subsistência, a insegurança alimentar e a desnutrição, a perda de empregos e a redução do investimento e da confiança do mercado, principalmente em países em desenvolvimento (Mukaila et al., 2023). Visto que a piscicultura é uma das indústrias alimentícias que mais cresce globalmente, espera-se que ela se torne a principal fonte de proteína animal para populações humanas em um futuro próximo. No entanto, esse crescimento deve estar estreitamente atrelado à conscientização ambiental; nesse sentido, os tratamentos com produtos naturais para o

controle de ectoparasitoses em peixes contribuem significativamente para o alcance desse objetivo.

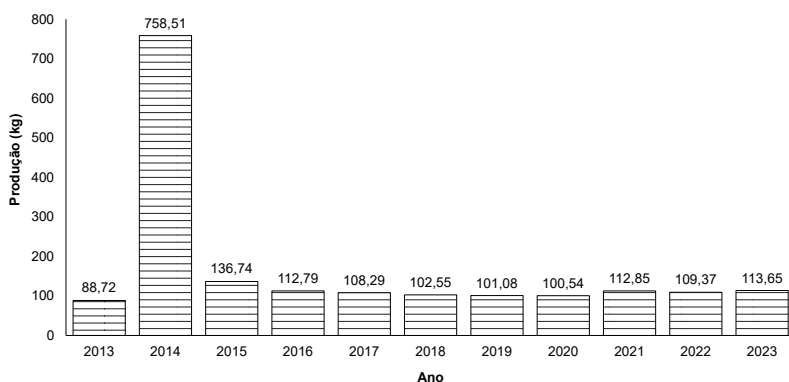
## Criação de tambaqui e os parasitos monogenéticos

---

O Brasil possui 20% da água doce disponível globalmente, mas essa disponibilidade hídrica tem uma grande variabilidade espacial, uma vez que o País é de grande dimensão continental. Devido a essa grande disponibilidade de água em extensas bacias hidrográficas, o País apresenta rica diversidade de espécies de peixes, principalmente de água doce, incluindo o tambaqui, um peixe Serrasalminidae originário das bacias dos rios Amazonas e Orinoco, onde tem expectativa de vida de 3 a 14 anos. Trata-se de um peixe migratório que se desloca do local de alimentação e crescimento no período de reprodução, e, em condições de criação, necessita de estímulo hormonal exógeno para indução à espermiacção e ovulação (Lima et al., 2024; Rodrigues et al., 2024).

No Brasil, a criação de tambaqui ocorre na região amazônica, com destaque para os estados de Rondônia e Roraima, além de alguns estados do Nordeste. Em 2024, foram exportadas 226 t da espécie (Associação Brasileira da Piscicultura, 2025). Esse peixe onívoro apresenta rápido crescimento em criação intensiva, é tolerante a altos níveis de amônia não ionizada e a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água, possui rusticidade de manejo, fácil aceitação de ração extrusada, disponibilidade de alevinos o ano todo e rendimento de filé em torno de 30%, com grande aceitação no mercado consumidor (Chagas et al., 2016; Luz et al., 2021; Lima et al., 2024; Rodrigues et al., 2024; Associação Brasileira da Piscicultura, 2025). Tais características demonstram a relevância da criação de tambaqui para a indústria da piscicultura nacional (Rodrigues et al., 2024). Em 2014,

observou-se um aumento na produção brasileira, possivelmente em resposta aos incentivos à pesquisa fomentados pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) no início de 2000, seguido por uma estabilização entre 2015 e 2023 (Figura 2). No entanto, o tabaqui tem sido frequentemente parasitado por espécies de monogenéticos (Tabela 1), que podem desencadear doenças e levar à mortalidade em diferentes fases do ciclo de produção.



**Figura 2.** Produção brasileira de tabaqui nos últimos 10 anos.

Fonte: IBGE (2025).

**Tabela 1.** Parasitos monogenéticos e níveis de infecções em tabaquis criados no Brasil.

Espécie de monogenético	Prev. <sup>(1)</sup> (%)	IM <sup>(2)</sup>	AB <sup>(3)</sup>	Localidade	Referência
<i>Dactylogyrus</i> sp. e <i>Linguadactyloides brinkmanni</i>	–	–	–	Pirassununga (São Paulo)	Ceccarelli et al. (1990)
<i>Mymarothecium boegeri</i>	–	–	–	Pentecostes (Ceará)	Cohen e Kohn (2009)

Continua...

Tabela 1. Continuação.

<b>Espécie de monogenético</b>	<b>Prev.<sup>(1)</sup> (%)</b>	<b>IM<sup>(2)</sup></b>	<b>AB<sup>(3)</sup></b>	<b>Localidade</b>	<b>Referência</b>
<i>Anacanthorus spathulatus</i>	100	258,6	258,6	Manaus (Amazonas)	Tavares-Dias e Lemos (2006)
<i>Notozothecium janauachensis</i> , <i>Notozothecium nanayensis</i> , <i>Mymarothecium boegeri</i> , <i>Mymarothecium spathulatus</i> e <i>Linguadactyloides brinkmanni</i>	100	308,3	308,3	Manacapuru (Amazonas)	Morais et al. (2009)
<i>Anacanthorus spathulatus</i> , <i>Mymarothecium</i> spp., <i>Mymarothecium viatorum</i> , <i>Notozothecium</i> sp. e <i>Linguadactyloides brinkmanni</i>	60,1	96,7	22,7	Rolim de Moura (Rondônia)	Godoi et al. (2012)
<i>Mymarothecium boegeri</i> e <i>A. spathulatus</i>	95,0	326,7	312,9	Santana (Amapá)	Santos et al. (2013)
<i>Notozothecium janauachensis</i> , <i>Mymarothecium boegeri</i> , <i>Anacanthorus spathulatus</i> e <i>L. brinkmanni</i>	89,3	–	288,0	Macapá (Amapá)	Dias e Tavares-Dias (2015)

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Espécie de monogenético	Prev. <sup>(1)</sup> (%)	IM <sup>(2)</sup>	AB <sup>(3)</sup>	Localidade	Referência
<i>Notozothecium janauachensis</i> , <i>Notozothecium nanayensis</i> , <i>M. boegeri</i> , <i>A. spathulatus</i> e <i>Linguadactyloides brinkmanni</i>	89,6	393,0	552,3	Macapá (Amapá)	Dias et al. (2015)
	100	55,1	55,1	Rio Preto da Eva (Amazonas)	Rocha et al. (2018)
	68,9	28,4	20,2	Santana (Amapá)	Baia et al. (2019)
<i>Notozothecium janauachensis</i> , <i>Mymarothecium boegeri</i> e <i>Anacanthorus spathulatus</i>	30,9	18,6	7,4	Rio Branco (Acre)	Silva et al. (2022)
	100	–	161,7	Macapá (Amapá)	Soares et al. (2016)
	100	–	341,3	Macapá (Amapá)	Soares et al. (2017a)
	93,3	–	92,2	Macapá (Amapá)	Soares et al. (2017b)
	–	–	–	Macapá (Amapá)	Alves et al. (2021)
<i>Notozothecium janauachensis</i> , <i>Mymarothecium boegeri</i> , <i>Anacanthorus spathulatus</i> e <i>L. brinkmanni</i>	–	–	–	Macapá (Amapá)	Barriga et al. (2020)
	100	–	34,2	Macapá (Amapá)	Luz et al. (2021)
<i>Notozothecium janauachensis</i> , <i>Mymarothecium boegeri</i> e <i>Anacanthorus spathulatus</i>	76,7	–	10,3	Macapá (Amapá)	Barriga et al. (2020)

Continua...

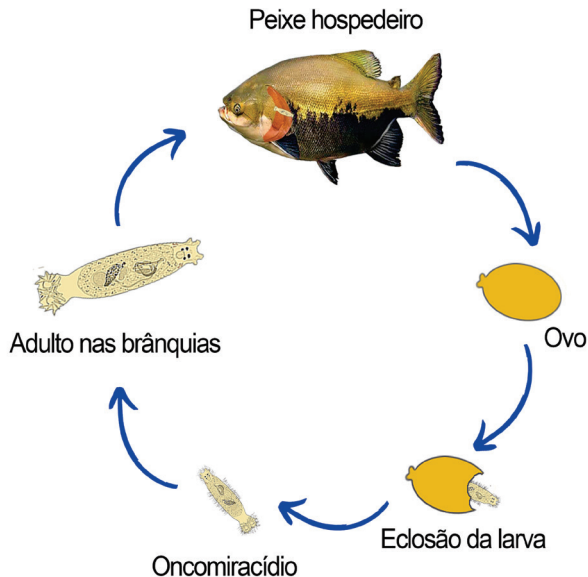
Tabela 1. Continuação.

<b>Espécie de monogenético</b>	<b>Prev.<sup>(1)</sup> (%)</b>	<b>IM<sup>(2)</sup></b>	<b>AB<sup>(3)</sup></b>	<b>Localidade</b>	<b>Referência</b>
<i>Notozothecium janauachensis</i> ,	100	–	31,1	Macapá (Amapá)	Alves et al. (2024a)
<i>Mymarothecium boegeri</i> ,	100	–	28,6	Macapá (Amapá)	Alves et al. (2024b)
<i>Anacanthorus spathulatus</i> e <i>L. brinkmanni</i>					
<i>Notozothecium janauachensis</i> ,	100	–	1.265,4	Brejinho de Nazaré (Tocantins)	Lima et al. (2024)
<i>Mymarothecium boegeri</i> e <i>A. spathulatus</i>	100	–	30,8	Macapá (Amapá)	Alves et al. (2025)
<i>Notozothecium janauachensis</i> ,	35,0	8,5	5,8	Vale do São Francisco (Alagoas/Sergipe)	Santos et al. (2022)
<i>Notozothecium nanayensis</i> , <i>M. boegeri</i> , <i>A. spathulatus</i> e <i>Linguadactyloides brinkmanni</i>					

(<sup>1</sup>) Prev.: Prevalência. (<sup>2</sup>) IM: Intensidade média. (<sup>3</sup>) AB: Abundância média.

Monogenéticos são geralmente ectoparasitos das brânquias e da superfície corporal dos peixes hospedeiros; contudo, podem parasitar também a cavidade nasal e o estômago, ocorrendo ainda em algumas outras espécies de vertebrados. São vermes platelmintos caracterizados por um aparelho de fixação localizado na parte posterior do corpo – o haptor –, composto por ganchos, barras e âncoras de número e tamanho variáveis, que são introduzidos nos hospedeiros. Os vermes possuem forma alongada, ovoidal ou circular, medem cerca de 1 mm a 3 cm e apresentam ciclo de vida direto (Thatcher, 2006; Takemoto et al., 2013; Šimková, 2024), o que facilita sua rápida reprodução em sistemas de criação intensiva de peixes.

Monogenéticos dactilogirídeos, como as espécies encontradas em tambaqui, são ovíparos e liberam seus ovos diretamente na água ou fixados no hospedeiro. Dos ovos, eclodem larvas ciliadas ou não (oncomiracídeos), que nadam ou rastejam até encontrarem um novo hospedeiro, para garantir a própria sobrevivência. Em algumas espécies, a eclosão é espontânea; em outras, exige a presença de substâncias da secreção dos peixes hospedeiros, assegurando maiores chances de sobrevivência da larva. A eclosão das larvas também pode ser estimulada pela turbulência da água, temperatura, fotoperíodo e produtos de excreção dos hospedeiros. Os oncomiracídeos, em contato com o hospedeiro, transformam-se em adultos, completando o ciclo biológico, conforme demonstrado na Figura 3 (Thatcher, 2006; Takemoto et al., 2013).



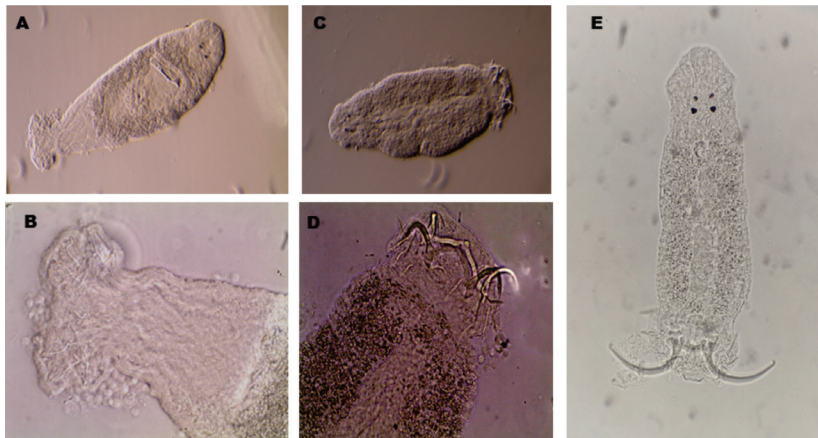
**Figura 3.** Ciclo de vida de monogenéticos dactilogirídeos (ovíparos) de tambaqui.

Fonte: Adaptação de Takemoto et al. (2013) por Fábio Sian Martins.

Em geral, os monogenéticos podem apresentar especificidade de hospedeiros, infestando uma única espécie, gênero ou família de peixes, como também especificidade por micro-habitat no hospedeiro, pois certas espécies ocorrem em determinados locais nos filamentos branquiais de hospedeiros infestados (Takemoto et al., 2013; Šimková, 2024). No Brasil, mais de 400 espécies de água doce são conhecidas, as quais pertencem principalmente às famílias Dactylogyridae (Figura 3) e Gyrodactylidae, sendo os dactilogirídeos de reprodução ovípara e os girodactilogirídeos de reprodução ovípara ou vivípara (Takemoto et al., 2013). Diversos fatores bióticos (idade, tamanho corporal, sexo, reprodução dos hospedeiros) e abióticos (condições ambientais de criação, entre outros) podem influenciar nos níveis de parasitismo dos monogenéticos em peixes (Thatcher, 2006; Takemoto et al., 2013).

Diferentes espécies de monogenéticos figuram entre os principais ectoparasitos em sistemas de criação intensiva de peixes em todo o globo terrestre (Boijink et al., 2015; Chagas et al., 2016; Hashimoto et al., 2016; Rocha et al., 2018; Doan et al., 2020; Hoai, 2020; Yilmaz; Yildiz, 2023; Tu et al., 2025). A intensificação da produção de tambaqui em diferentes regiões do Brasil (Tabela 1) tem impulsionado a proliferação de monogenéticos, frequentemente pela associação entre *Notozothecium janauachensis*, *Anacanthorus spathulatus*, *Mymarothecium boegeri* (Figura 4) e *Linguadactyloides brinkmanni*. Esses monogenéticos causam lesões nas brânquias, caracterizadas principalmente por hiperplasia ou hipertrofia celular e edema nos filamentos, cuja severidade varia de acordo com a abundância parasitária (Barriga et al., 2020; Tavares-Dias et al., 2021). Além disso, hipersecreção de muco e hemorragias podem ser observadas, o que aumenta a suscetibilidade a infecções bacterianas secundárias. Tais alterações estruturais podem comprometer a respiração, a excreção, o nitrato, o equilíbrio ácido-base e a osmorregulação, uma vez que as brânquias são órgãos estreitamente envolvidos nesses processos fisiológicos (Doan et al., 2020; Chen et al., 2023). Consequentemente, as taxas de mortalidade de tambaquis infectados por monogenéticos podem aumentar (Mangas et al., 2020). Portanto, é importante

o gerenciamento desses problemas, devendo-se evitar a introdução de peixes infectados nos tanques de criação, mediante protocolo de quarentena – medida muitas vezes negligenciada na maioria das pisciculturas.



**Figura 4.** Monogenéticos das brânquias de tambaqui: *Anacanthorus spathulatus* (A-B), *Mymarothecium boegeri* (C-D) e *Notozothecium janauachensis* (E).

Fonte: Marcos Tavares-Dias.

Em geral, os monogenéticos podem impactar significativamente a saúde dos peixes de criação, provocando infestações associadas a sinais clínicos graves ou leves, mas que representam risco contínuo para a indústria global da piscicultura (Yilmaz; Yildiz, 2023; Tu et al., 2025). Consequentemente, essa importante indústria de alimentos de elevado valor proteico vem sofrendo perdas econômicas significativas devido à crescente frequência de surtos causados não apenas por monogenéticos, mas também por coinfeções com outras espécies de parasitos, havendo a necessidade de opções eficazes de prevenção e controle.

O controle eficaz dessa parasitose pode melhorar significativamente a produção e a produtividade da piscicultura. Como muitas espécies de monogenéticos podem ser patogênicas em sistemas de criação intensiva, o manejo pode representar até 22% dos custos totais de produção (Forwood et al., 2013).

O manejo de doenças em peixes, ao longo dos anos, tem se concentrado predominantemente na utilização de produtos químicos convencionais (ex.: formalina, albendazol, peróxido de hidrogênio, permanganato de potássio, ivermectina, levamisol, peroxicarbonato de sódio, triclorfon, sulfato de cobre, entre outros). Assim, visto que a monogeniose pode causar mortalidade em massa, é necessário implementar estratégias de controle que integrem o manejo profilático a medidas eficazes para o controle da parasitose.

O controle parasitário por meio de óleos essenciais ou de seus princípios bioativos tem sido uma abordagem propícia na busca global por substâncias com atividades anti-helmínticas no controle de monogenéticos. Torna-se fundamental, portanto, adotar medidas de prevenção e controle que sejam eficazes, que evitem a indução de resistência parasitária e que sejam ambientalmente sustentáveis. Atualmente, diversos estudos vêm refinando o uso da fitoterapia, debatendo questões como a eficácia e os efeitos adversos nos peixes e no ecossistema, visando à sua aplicação segura na aquicultura.

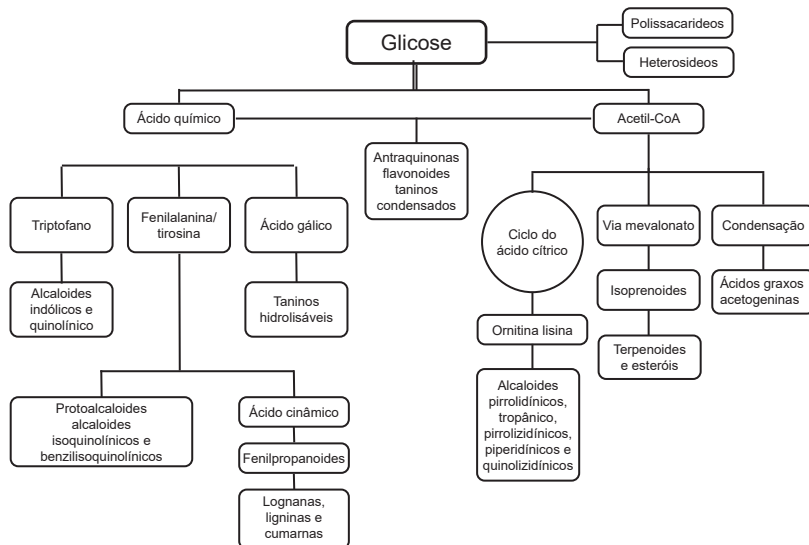
## Óleos essenciais no controle de monogenéticos e espécies de plantas do gênero *Piper*

Plantas medicinais são aquelas com atividade biológica, contendo um ou mais princípios bioativos com potencial para produção de fármacos, visto que possuem metabólitos primários e secundários com diferentes propriedades farmacológicas. Os metabólitos primários

são compostos essenciais para o crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas, compreendendo carboidratos – como açúcares, amido, celulose –, lipídios, proteínas, vitaminas e ácidos nucleicos (DNA e RNA). Produzidos em grande quantidade e distribuídos por toda a planta, esses compostos participam de processos vitais, como fotossíntese e respiração, além de servirem como base para a síntese de metabólitos secundários. Esses últimos podem ser produzidos em diversas partes da planta (folhas, caules, raízes, flores e sementes), e suas concentrações são influenciadas por fatores como espécie, estágio de desenvolvimento, sazonalidade, condições climáticas e geográficas e métodos de extração de seus compostos químicos. Esses metabólitos secundários desempenham diversas funções nas plantas, tais como a proteção contra pragas e altas temperaturas. Alguns desses compostos são amargos e menos voláteis, protegendo as plantas contra a herbivoria; outros, contudo, atraem insetos polinizadores. Em geral, os metabólitos secundários são constituídos por mais de 20 compostos diferentes e em concentrações variáveis (Tavares-Dias, 2018; Ferraz et al., 2024; Miri, 2025).

Os óleos essenciais são derivados do metabolismo secundário de plantas aromáticas e consistem em misturas complexas de compostos voláteis, com odor característico e diversas atividades antiparasitárias (Tavares-Dias, 2018; Ferraz et al., 2024; Miri, 2025). Seus componentes originam-se de distintos precursores metabólicos primários e são sintetizados por meio de diversas vias biossintéticas, sendo classificados em dois grupos principais: os terpenos – que constituem a maioria – e os não terpenos, representados principalmente pelos fenilpropanoides. Esses compostos são hidrocarbonetos e seus derivados oxigenados, apresentando-se sob variadas formas químicas, tais como: aldeídos, cetonas, álcoois, óxidos, ésteres, aminas, amidas, fenóis, heterociclos e compostos de nitrogênio e enxofre. Os terpenos são produzidos principalmente pela via do ácido mevalônico, processo crucial para a produção de diversas biomoléculas essenciais (Miri, 2025). Assim, o ciclo de biossíntese dos metabólitos secundários das plantas medicinais segue as rotas principais dos terpenoides, dos compostos fenólicos e dos compostos nitrogenados. Os terpenoides

são sintetizados pelas vias do ácido mevalonato ou do metileritritol-4-fosfato, enquanto os compostos fenólicos derivam da via do ácido chiquímico ou da rota do ácido malônico (Figura 5).



**Figura 5.** Ciclo de biossíntese dos metabólitos secundários de plantas medicinais.

Fonte: Adaptado de Santos (2010).

Os metabólitos secundários produzidos pelas plantas apresentam diversas funções, incluindo atividades anti-inflamatória, antioxidante, antiviral, cicatrizante e antibiótica, além de atuarem no amadurecimento de frutos. Seus constituintes fitoquímicos – como taninos, alcaloides e flavonoides – são conhecidos também por sua atuação contra diferentes patógenos e parasitos, incluindo espécies de monogenéticos que infestam peixes hospedeiros (Tavares-Dias, 2018; Ferraz et al., 2024; Miri, 2025). Assim, o uso de fitoterápicos à base de óleos essenciais vem se destacando, devido a sua eficácia antiparasitária no controle de diversas espécies de monogenéticos nas brânquias de

peixes hospedeiros (Hashimoto et al., 2016; Sutili et al., 2016; Menezes et al., 2018; Tavares-Dias, 2018; Vercellini et al., 2024), incluindo o tambaqui (Boijink et al., 2015; Luz et al., 2021; Barriga et al., 2020; Alves et al., 2024a, 2025).

Globalmente, a família Piperaceae compreende diversos gêneros e milhares de espécies, das quais cerca de 700 pertencem ao gênero *Piper* (conhecidas popularmente como pimentas), distribuídas em todas as regiões tropicais. Em geral, são plantas herbáceas ou arbustivas, com folhas inteiras e alternas, em formato de espiga (inflorescência espiciforme), com flores hermafroditas reduzidas. As espécies de *Piper* ocorrem em diferentes habitat, tanto em clareiras e áreas isoladas quanto em sub-bosques, principalmente em florestas úmidas de terras baixas. Algumas dessas espécies são comumente utilizadas na medicina popular para o tratamento de doenças no homem (Mendonça et al., 2010; Guimarães; Carvalho-Silva, 2014; Sarnaglia-Junior et al., 2014; Majolo et al., 2019; Ferraz et al., 2024). Portanto, possuem grande importância medicinal e alto valor comercial e econômico, vêm sendo também empregadas no controle antiparasitário em peixes (Ekanem et al., 2004; Alves et al., 2021, 2024a, 2024b, 2025). Na Amazônia, ocorrem mais de uma centena de espécies de Piperaceae, especialmente do gênero *Piper*, que fornecem óleos essenciais, incluindo *Piper callosum*, *Piper hispidum* e *Piper marginatum*, ricas em compostos químicos bioativos (Ferraz et al., 2024). Assim, descrevem-se neste trabalho as descobertas e recomendações para o uso desses óleos essenciais em infecções por monogenéticos nas brânquias de tambaqui.

## **Recomendações para o uso de óleos essenciais de plantas do gênero *Piper* em banhos terapêuticos contra monogenéticos das brânquias de tambaqui**

Ramos, folhas e inflorescências de *P. callosum* (óleo elétrico), *P. hispidum* (pimenta-de-macaco) e *P. marginatum* (capeba ou

caapeba) – cultivadas no Setor de Plantas Medicinais e Hortaliças da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, estado do Amazonas – foram utilizados para a extração de óleos essenciais. O processo ocorreu pelo método da hidrodestilação utilizando-se aparelho Clevenger. O óleo essencial de *P. callosum* apresenta predominância do composto safrol; o de *P. hispidum*, de alfa-terpineno e *p*-cimeno; e no de *P. marginatum* predomina o 3,4-metilenodioxo-propiofenona (Tabela 2). A tabela também mostra o pico, que é momento de maior intensidade do aroma nos óleos essenciais, quando estes são mais voláteis e perceptíveis imediatamente após liberação durante a análise da composição química. O índice de retenção de um óleo essencial é um valor numérico específico que descreve como a luz se dobra ao passar por essa substância. Porém, tais composições podem variar dependendo do período sazonal, altitude, quimiotipos e partes das plantas usadas, solo, local de coleta, temperatura ambiental, pluviosidade, entre outros fatores relacionados (Tavares-Dias, 2018).

**Tabela 2.** Composição química de três espécies de óleos essenciais de plantas do gênero *Piper* usadas em banhos terapêuticos em tambaqui.

<i>Piper callosum</i>			
Pico	Índice de retenção	Conteúdo (%)	Composto
1	924	0,1	$\alpha$ -tujeno
2	931	12,2	$\alpha$ -pineno
3	946	0,4	canfeno
4	971	3,0	sabineno
5	975	7,7	$\beta$ -pineno
6	989	0,6	mirreno
7	1.004	0,1	$\alpha$ -felandreno
8	1.014	0,7	$\alpha$ -terpineno
9	1.022	0,3	o-cimeno

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

<i>Piper callosum</i>			
Pico	Índice de retenção	Conteúdo (%)	Composto
10	1.025	0,7	limoneno
11	1.028	3,7	1,8- cineol
12	1.055	1,8	g-terpineno
13	1.085	0,5	terpinoleno
14	1.098	0,3	linalol
15	1.152	0,1	isoborneol
16	1.173	0,7	4-terpineol
17	1.187	0,5	$\alpha$ -terpineol
18	1.314	53,8	safrol
19	1.370	0,5	$\alpha$ -copaeno
20	1.402	7,6	metil eugenol
21	1.413	0,7	(E) cariofileno
22	1.447	0,1	$\alpha$ -humuleno
23	1.471	0,4	gama-muroleno
24	1.474	1,0	germacreno D
25	1.518	0,4	d-candieno
26	1.554	1,4	elemicina
27	1.640	0,2	$\alpha$ -murolol
28	1.648	0,2	b- eudesmol
<b>Total identificado (%)</b>		<b>100</b>	

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

<i>Piper hispidum</i>			
Pico	Índice de retenção	Conteúdo (%)	Composto
1	925	0,1	$\alpha$ -tujeno
2	931	1,2	$\alpha$ -pineno
3	946	0,1	canfeno
4	975	1,1	$\beta$ -pineno
5	985	0,5	6-metil-5-hepten-2-ona
6	989	1,2	mirreno
7	1.004	0,5	$\alpha$ -felandreno
8	1009.	0,4	$\beta$ -3-careno
9	1.015	14,0	$\alpha$ -terpineno
10	1.022	12,0	p-cimeno
11	1.026	1,4	$\beta$ -felandreno
12	1.056	30,9	$\gamma$ -terpineno
13	1.089	7,3	terpinoleno
14	1.176	1,0	terpinen-4-ol
15	1.375	0,5	$\alpha$ -copaeno
16	1.419	5,3	(E)-cariofileno
17	1.438	1,4	aromadendreno
18	1.452	0,4	$\alpha$ -humuleno
19	1.468	0,3	4,5-di-epi-aristoloceno
20	1.475	1,6	$\beta$ -chamigreno
21	1.480	8,1	$\beta$ -selineno

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

<i>Piper hispidum</i>			
Pico	Índice de retenção	Conteúdo (%)	Composto
22	1.489	9,0	$\alpha$ -selineno
23	1.499	0,1	epizonareno
24	1.500	0,2	$\alpha$ -muuroleno
25	1.513	0,4	$\gamma$ -cadineno
26	1.516	0,2	7-epi- $\alpha$ -selineno
27	1.523	1,0	d-cadineno
28	1.582	1,2	globulol
29	1.637	0,5	epi- $\alpha$ -cadinol
30	1.651	2,0	11-selineno-4-a-ol
<b>Total identificado (%)</b>		<b>100</b>	
<i>Piper marginatum</i>			
Pico	Índice de retenção	Conteúdo (%)	Composto
1	931	0,6	$\alpha$ -pineno
2	974	0,5	$\beta$ -pineno
3	988	0,5	mirreno
4	1.003	0,7	$\alpha$ -felandreno
5	1.009	4,0	$\delta$ -3-careno
6	1.022	0,2	p-cimeno
7	1.025	0,6	limoneno
8	1.034	3,6	(Z)- $\beta$ -ocimeno
9	1.045	5,9	(E)- $\beta$ -ocimeno

Continua...

Tabela 2. Continuação.

<i>Piper hispidum</i>			
Pico	Índice de retenção	Conteúdo (%)	Composto
10	1.085	0,1	terpinoleno
11	1.100	0,1	linalol
12	1.196	0,9	metil-chavicol
13	1.286	5,3	safrol
14	1.331	0,6	$\delta$ -elemeno
15	1.369	3,2	$\alpha$ -copaeno
16	1.377	0,6	$\beta$ -bourboneno
17	1.383	0,3	$\beta$ -cubebeno
18	1.385	0,7	$\beta$ -elemeno
19	1.405	4,1	metil-eugenol
20	1.412	5,2	(E)-cariofileno
21	1.420	0,2	$\beta$ -copaeno
22	1.430	0,1	aromadendreno
23	1.444	0,7	$\alpha$ -humuleno
24	1.451	0,3	allo-aromandreno
25	1.457	0,7	croweacina
26	1.461	0,1	4,5-di-epi-aristolo- cheno
27	1.469	0,2	$\gamma$ -muuroleno
28	1.473	3,7	germacreno D
29	1.477	1,9	$\beta$ -selineno
30	1.488	3,5	biciclogermacreno

Continua...

Tabela 2. Continuação.

<i>Piper hispidum</i>			
Pico	Índice de retenção	Conteúdo (%)	Composto
31	1.493	0,8	sarisan
32	1.496	0,4	trans- $\beta$ -guaieno
<i>Piper marginatum</i>			
Pico	Índice de retenção	Conteúdo (%)	Composto
33	1.502	0,2	germacreno-A
34	1.516	1,6	$\delta$ -cadineno
35	1.538	20,8	3,4-metilenodioxo-propiofenona
36	1.546	2,0	elemol
37	1.559	3,8	elemicina
38	1.561	0,4	(E)-nerolidol
39	1.571	1,3	germacren-D-4-ol + espatulenol
40	1.574	0,8	$\gamma$ -asarona
41	1.576	0,4	óxido de cariofileno
42	1599	0,2	rosifoliol
43	1.608	0,3	fonenol
44	1.610	0,3	10-epi- $\gamma$ -eudesmol
45	1.624	0,8	$\gamma$ -eudesmol
46	1.634	4,5	2-hidroxi-4,5-metilenodioxo-propiofenona
47	1.643	1,5	$\beta$ -eudesmol
48	1.646	0,4	$\alpha$ -eudesmol

Continua...

Tabela 2. Continuação.

<i>Piper marginatum</i>			
Pico	Índice de retenção	Conteúdo (%)	Composto
49	1.648	1,4	$\alpha$ -cadinol
50	1.650	0,9	neo-intermedeol
<b>Total identificado (%)</b>		<b>91,8</b>	

Todos os espécimes de tabaqui usados nos testes de tolerância aos óleos essenciais de *P. callosum*, *P. hispidum* e *P. marginatum* – in vitro e banhos terapêuticos (in vivo) – foram aclimatados em tanque de 500 L durante 15 dias, em água com os seguintes parâmetros registrados: temperatura ( $29,7 \pm 0,1$  °C), oxigênio dissolvido ( $5,5 \pm 0,2$  mg L<sup>-1</sup>), pH ( $5,8 \pm 0,2$ ), amônia ( $0,4 \pm 0,2$  mg L<sup>-1</sup>), alcalinidade ( $10,0 \pm 0,001$  mg L<sup>-1</sup>) e dureza ( $11,0 \pm 0,1$  mg L<sup>-1</sup>). O tanque foi sifonado semanalmente para a remoção da matéria orgânica acumulada no fundo, e a água renovada constantemente (1 L/min).

Inicialmente, os óleos essenciais de *P. callosum*, *P. hispidum* e *P. marginatum* foram pesados e diluídos em álcool etílico (70%) na proporção de 1 g de óleo para 10 mL de álcool. Essa proporção de óleo essencial e diluição com álcool foi usada em todos os testes in vitro e in vivo.

Os testes in vitro visavam determinar a melhor concentração e o tempo de exposição para mortalidade dos monogenéticos, além de definir as melhores concentrações para os testes de tolerância. Nos testes in vitro, os arcos branquiais de tabaqui ( $13,7 \pm 1,0$  cm e  $33,5 \pm 9,5$  g) foram imersos em placas de Petri contendo óleo essencial de *P. callosum* (600, 800, 1.000 e 2.000 mg L<sup>-1</sup>), *P. hispidum* (250, 350, 600 e 800 mg L<sup>-1</sup>) e *P. marginatum* (100, 200, 300 e 400 mg L<sup>-1</sup>). As placas de Petri com os arcos branquiais (Figura 6) com monogenéticos foram observadas em estereomicroscópios, determinando-se os efeitos e o tempo de mortalidade dos monogenéticos A.

*spathulatus*, *M. boegeri* e *N. janauachensis* presentes nos filamentos das brânquias (Tabela 3). Para cada óleo testado, foram usados dois grupos-controle, um com água do tanque de criação dos peixes e outro com álcool etílico 70%, que foi o solvente usado. Nas maiores concentrações desses três óleos essenciais, ocorreu 100% de mortalidade dos parasitos em menor tempo de exposição (Tabela 3), indicando que essas seriam as melhores concentrações de *P. callosum*, *P. hispidum* e *P. marginatum* para utilizar nos testes de tolerância para tabaquis. Além disso, como os componentes químicos de cada óleo essencial de plantas do gênero *Piper* variaram, houve diferenças nas concentrações testadas in vitro contra monogenéticos.



Figura: Marcos Tavares-Dias

**Figura 6.** Desenho esquemático demonstrando arcos branquiais de tambaqui imersos em óleos essenciais de espécies do gênero *Piper* nos testes in vitro, utilizando placas de Petri em triplicata para observação dos monogenéticos nos filamentos em estereomicroscópio.

**Tabela 3.** Eficácia in vitro de diferentes concentrações de óleos essenciais de três espécies do gênero *Piper* contra monogenéticos de tambaqui.

Tempo de exposição	Tratamento	Parasitos vivos	Mortalidade (%)
0 hora	Controle com água do tanque de criação	20,3 ± 0,6	0,0
3 horas	Controle com água do tanque de criação	17,3 ± 4,6	14,8

Continua...

**Tabela 3.** Continuação.

<b>Tempo de exposição</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Parasitas vivos</b>	<b>Mortalidade (%)</b>
5 horas	Controle com água do tanque de criação	14,0 ± 6,2	31,0
8 horas	Controle com água do tanque de criação	3,3 ± 2,9	83,7
9 horas	Controle com água do tanque de criação	0	100,0
0 hora	Controle álcool + água do tanque de criação	16,7 ± 0,6	0,0
3 horas	Controle álcool + água do tanque de criação	9,0 ± 1,7	41,1
4 horas	Controle álcool + água do tanque de criação	6,0 ± 3,5	64,1
7 horas	Controle álcool + água do tanque de criação	0	100,0
0 hora	600 mg de <i>Piper calossum</i>	24,7 ± 4,2	0,0
5 minutos	600 mg de <i>Piper calossum</i>	0	100,0
0 hora	800 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper calossum</i>	18,3 ± 2,3	0,0
5 minutos	800 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper calossum</i>	0	100,0
0 hora	1.000 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper calossum</i>	21,3 ± 2,5	0,0
5 minutos	1.000 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper calossum</i>	0	100,0
0 hora	2.000 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper calossum</i>	19,3 ± 1,5	0,0
5 minutos	2.000 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper calossum</i>	0	100,0
0 hora	250 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	16,7 ± 2,9	0,0
5 minutos	250 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	12,0 ± 1,0	28,1
20 minutos	250 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	2,0 ± 2,6	88,0

Continua...

**Tabela 3.** Continuação.

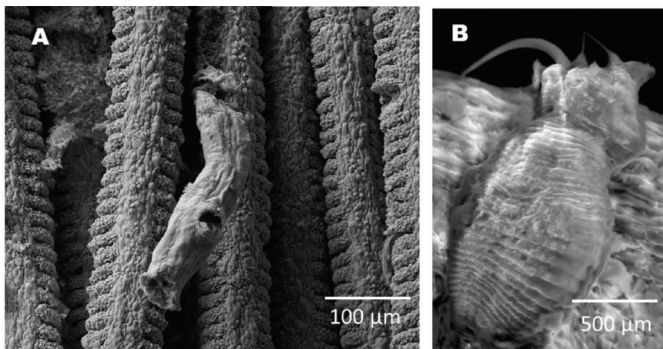
Tempo de exposição	Tratamento	Parasitos vivos	Mortalidade (%)
40 minutos	250 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	0	100,0
0 hora	350 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	20,3 ± 2,1	0,0
5 minutos	350 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	3,3 ± 1,5	83,7
20 minutos	350 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	3,3 ± 1,6	84,7
40 minutos	350 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	2,3 ± 1,5	88,7
1,3 hora	350 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	0	100,0
0 hora	600 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	18,7 ± 2,5	0,0
5 minutos	600 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	4,0 ± 3,6	78,6
20 minutos	600 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	0	100,0
0 hora	800 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	20,0 ± 0	0,0
5 minutos	800 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	5,3 ± 3,2	73,5
20 minutos	800 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	0	100,0
0 hora	100 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	20,0 ± 0	0,0
20 minutos	100 mg/L de <i>Piper marginatum</i>	15,0 ± 1,0	25,0
1 hora	100 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	8,0 ± 6,2	60,0
2 horas e 40 minutos	100 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	0	100
0 hora	200 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	22,0 ± 0	0
20 minutos	200 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	13,7 ± 7,2	37,7
40 minutos	200 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	8,3 ± 5,0	62,3
1 hora	200 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	0	100,0
0 hora	300 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	18,7 ± 1,5	0,0
20 minutos	300 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	12,7 ± 1,5	32,1

Continua...

**Tabela 3.** Continuação.

Tempo de exposição	Tratamento	Parasitas vivos	Mortalidade (%)
40 minutos	300 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	9,0 ± 2,0	51,9
1 hora	300 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	0	100,0
0 hora	400 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	20,3 ± 5,6	0,0
20 minutos	400 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	14,7 ± 2,5	27,6
40 minutos	400 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	3,0 ± 1,0	85,2
1 hora	400 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	0	100,0

Exposição *in vitro* de monogenéticos ao óleo essencial de *P. callosum* causou perfuração no tegumento desses parasitos (Figura 7A), enquanto monogenéticos expostos ao óleo essencial de *P. hispidum* apresentaram tegumento coberto por rugas profundas (Figura 7B). Tais alterações estruturais são prejudiciais aos monogenéticos, pois o tegumento desses parasitos desempenha um papel importante na sua sobrevivência, devido ao seu envolvimento na absorção e secreção de substâncias, osmorregulação e suporte mecânico (Luz et al., 2021).



**Figura 7.** Microscopia eletrônica de varredura (MEV) de monogenéticos de tabaqui após exposição *in vitro*: perfuração no tegumento após exposição a 2.000 mg L<sup>-1</sup> de óleo essencial de *Piper callosum* (A); aumento da rugosidade no tegumento após exposição a 800 mg L<sup>-1</sup> de óleo essencial de *Piper hispidum* (B).

Após os testes *in vitro*, foram realizados testes preliminares de tolerância, com objetivo de determinar quais concentrações dos óleos essenciais de *P. hispidum* (250, 350, 600 e 800 mg L<sup>-1</sup>), *P. callosum* (600, 800, 1.000 e 2.000 mg L<sup>-1</sup>) e *P. marginatum* (100, 200, 300 e 400 mg L<sup>-1</sup>) seriam toleradas por tambaquis. Esses testes visaram definir as estratégias (número e tempo de exposição) para o uso em banhos terapêuticos contra monogenéticos das brânquias de tambaquis.

Foram utilizados cinco tambaquis (35,1 ± 6,7 g e 13,9 ± 2,0 cm), para cada uma das três repetições de cada óleo essencial, em tanques com capacidade reduzida para 40 L. Os peixes foram expostos a essas diferentes concentrações de óleo essencial de *P. callosum*, *P. hispidum* e *P. marginatum*, registrando-se o tempo de mortalidade ou sobrevivência (Tabela 4). Durante a exposição a esses óleos, os peixes apresentaram alterações comportamentais, tais como agitação, movimento acelerado do opérculo, natação errática, letargia e falta de reação a estímulos mecânicos.

**Tabela 4.** Eficácia *in vitro* de diferentes concentrações de óleos essenciais de três espécies do gênero *Piper* contra monogenéticos de tambaqui.

Concentração	Total de peixes	Tempo de exposição	Mortalidade (%)
100 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper callosum</i>	15	1 hora	0
200 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper callosum</i>	15	1 hora	100
300 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper callosum</i>	15	1 hora	100
400 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper callosum</i>	15	1 hora	100
500 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper callosum</i>	15	1 hora	100
600 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper callosum</i>	15	1 hora	100
800 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper callosum</i>	15	1 hora	100
1.000 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper callosum</i>	15	1 hora	100
2.000 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper callosum</i>	15	1 hora	100

Continua...

**Tabela 4.** Continuação.

Concentração	Total de peixes	Tempo de exposição	Mortalidade (%)
250 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	15	2 horas	0
350 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	15	2 horas	100
600 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	15	2 horas	100
800 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper hispidum</i>	15	2 horas	100
100 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	15	1 hora	0
200 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	15	1 hora	100
300 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	15	1 hora	100
400 mg L <sup>-1</sup> de <i>Piper marginatum</i>	15	1 hora	100

Após 1 hora de exposição a 100 mg L<sup>-1</sup> de *P. calossum*, não houve mortalidade, a recuperação completa dos efeitos sedativos ocorreu 20 minutos após a retirada do óleo com o aumento do fluxo de água. Para o óleo de *P. hispidum* a 250 mg L<sup>-1</sup>, após 2 horas de exposição, os peixes apresentaram recuperação total em 10 minutos após a retirada do óleo com aumento do fluxo de água. Da mesma forma, após 1 hora de exposição a 100 mg L<sup>-1</sup> de *P. marginatum*, não houve mortalidade, e a recuperação ocorreu em 10 minutos após a retirada do óleo com aumento do fluxo de água nos tanques. Assim, as concentrações toleradas foram selecionadas para os banhos terapêuticos contra monogenéticos.

Após definir as concentrações toleradas, realizaram-se banhos terapêuticos com cada óleo essencial. Utilizaram-se peixes (39,9 ± 11,3 g e 18,6 ± 8,9 cm) em tanques de 100 L (Figura 8), com dez indivíduos para cada uma das três repetições (total de 30 peixes por tratamento). Os banhos terapêuticos com 100 mg L<sup>-1</sup> de óleo essencial de *P. marginatum*, *P. calossum* e *P. hispidum* variaram em número e tempo de exposição (Tabela 5). Para cada óleo testado, foram

usados dois grupos-controle: um com água do tanque de criação e outro com álcool etílico 70% (solvente).



Foto: Marcos Tavares-Dias

**Figura 8.** Tanques de 100 L utilizados para banhos terapêuticos com óleo essencial de espécies de *Piper* contra monogenéticos das brânquias de tambaqui.

Após o último banho, os peixes foram eutanasiados por secção medular para coleta das brânquias, que foram fixadas em formalina (5%) para contagem dos monogenéticos em estereomicroscópio e análise da eficácia. Observou-se que os banhos terapêuticos com *P. callosum* e *P. hispidum* apresentaram melhor eficácia antiparasitária (Tabela 5). Portanto, devido às alterações estruturais no tegumento

(Figura 7), ocorre o desprendimento dos monogenéticos dos filamentos branquiais, reduzindo assim a carga parasitária nos peixes.

**Tabela 5.** Eficácia dos banhos terapêuticos com óleos essenciais de três espécies do gênero *Piper* contra monogenéticos das brânquias de tambaqui.

Óleo essencial	Concentração (mg/L)	Estratégia terapêutica	Eficácia (%)
<i>Piper callosum</i>	100	Seis banhos de 20 minutos por dia, em intervalos de 24 horas entre cada banho	83,6
<i>Piper hispidum</i>	100	Três banhos de 1 hora por dia, em intervalos de 48 horas entre cada banho	78,6
<i>Piper marginatum</i>	100	Seis banhos de 20 minutos por dia, em intervalos de 48 horas entre cada banho	42,8

## Considerações finais

A intensificação dos sistemas de produção de tambaqui, acompanhada por práticas que negligenciam a saúde animal – elevadas densidades de estocagem, ausência de quarentena, uso inadequado de rações e baixa qualidade da água de cultivo –, tem impactado negativamente a interação monogenético-tambaqui-ambiente, gerando a necessidade de controle desses parasitos. Diante dessa problemática, recomenda-se o controle de monogenéticos em brânquias de tambaqui mediante banhos terapêuticos com 100 mg L<sup>-1</sup> de óleo essencial de *P. callosum* (exposições de 20 minutos, por 6 dias, com intervalos de 24 horas) ou de *P. hispidum* (exposições de 1 hora, por

3 dias, com intervalos de 48 horas). Ressalta-se que óleos essenciais de espécies de *Piper* já se encontram disponíveis comercialmente. As práticas de controle utilizando produtos naturais, como os óleos essenciais, consistem em uma alternativa política e ambientalmente correta quando comparadas ao uso de quimioterápicos convencionais utilizados na piscicultura mundial, os quais não são legalizados para uso no Brasil. Finalmente, questões críticas como custos e disponibilidade de óleos essenciais derivados de plantas medicinais com compostos bioativos precisam ser abordadas para estabelecer diretrizes para sua aplicação sustentável na piscicultura. Portanto, recomenda-se uma análise econômica dos custos do tratamento com esses óleos durante a quarentena de tambaquis para o controle de monogeniose.

## Referências

---

- ALVES, C. M. G.; NOGUEIRA, J. N.; LUZ, J. G. R.; CHAVES, F. C. M.; TAVARES-DIAS, M. Essential oil of *Piper callosum*, *Piper hispidum* and *Piper marginatum* (Piperaceae) possesses in vitro efficacy against monogeneans of *Colossoma macropomum* (tambaqui). **Aquaculture Research**, v. 52, n. 12, p. 6107-6116, 2021.
- ALVES, C. M. G.; BAIA, R. R. J.; FARIAS, V. A.; FARIAS, M. A.; SOUZA, F. L. S.; VIDEIRA, M. N.; CHAVES, F. C. M.; YOSHIOKA, E. T. O.; TAVARES-DIAS, M. Essential oil of *Piper hispidum* (Piperaceae) has efficacy against monogeneans, and effects on hematology and gill histology of *Colossoma macropomum*. **Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, v. 33, n. 1, e014723, 2024a.
- ALVES, C. M. G.; BAIA, R. R. J.; PACHECO, A. M.; CARVALHO, A. A.; FARIAS, V. A.; VIDEIRA, M. N.; CHAVES, F. C. M.; YOSHIOKA, E. T. O.; TAVARES-DIAS, M. Essential oil of *Piper marginatum* (Piperaceae) against monogeneans, and its hematological and histopathological effects on *Colossoma macropomum*. **Acta Parasitologica**, v. 69, p. 1212-1218, 2024b.

ALVES, C. M. G.; BAIA, R. R. J.; SANTOS, P. V. N.; PACHECO, A. M.; VIDEIRA, M. N.; CHAVES, F. C. M.; YOSHIOKA, E. T. O.; TAVARES-DIAS, M. Efficacy of therapeutic baths with *Piper callosum* essential oil against monogeneans of *Colossoma macropomum*: hematological and histopathological assessments. **Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, v. 34, n. 3, e002625, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. **Anuário PeixeBR da Piscicultura 2025**. [São Paulo], 2025. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>. Acesso em: 9 mar. 2025.

BAIA, R. R. J.; SANTOS, G. G.; SILVA, A. S.; SOUSA, B. O.; TAVARES-DIAS, M. Parasite fauna of tambaqui reared in net-cages at two stocking densities. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 45, n. 3, e492, 2019.

BARRIGA, B. B.; GONZALES, A. P. P. F.; BRASILIENSE, A. R. P.; CASTRO, C. N. K.; TAVARES-DIAS, M. Essential oil of *Lippia grata* (Verbenaceae) is effective in the control of monogenean infections in *Colossoma macropomum* gills, a large Serrasalmidae fish from Amazon. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 9, p. 3804-3812, 2020.

BOIJINK, C. de L.; MIRANDA, W. S. da C.; CHAGAS, E. C.; DAIRIKI, J. K.; INOUE, L. A. K. Anthelmintic activity of eugenol in tambaquis with monogenean gill infection. **Aquaculture**, v. 438, p. 138-140, 2015.

CECCARELLI, P. S.; FIGUEIRA, L. B.; LIMA, C. L. B. F. de; OLIVEIRA, C. A. Observações sobre a ocorrência de parasitos no CE PTA entre 1983 e 1990. **Boletim Técnico do CEPTA**, v. 3, p. 43-54, 1990.

CHAGAS, E. C.; ARAÚJO, L. D. de; MARTINS, M. L.; GOMES, L. C.; MALTA, J. C. de O.; VARELLA, A. B.; JERÔNIMO, G. T. Mebendazole dietary supplementation controls Monogenoidea (Platyhelminthes: Dactylogyridae) and does not alter the physiology of the freshwater fish *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). **Aquaculture**, v. 464, p. 185-189, 2016.

CHEN, X.; LIU, S.; DING, Q.; TEAME, T.; YANG, Y.; RAN, C.; ZHANG, Z.; ZHOU, Z. Research advances in the structure, function, and regulation of the gill barrier in teleost fish. **Water Biology and Security**, v. 2, n. 2, 100139, 2023.

COHEN, S. C.; KOHN, A. On Dactylogyridae (Monogenea) of four species of characid fishes from Brazil. **Check List**, v. 5, n. 2, p. 351-353, 2009.

DASARI, R.; VANKARA, A. P.; KHATEEF, R.; SHEGU, V. R. T.; DEGATI, V.; THUMMALA, C. Role of nanoparticles in fish disease management: A review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 58, 103218, 2024.

DIAS, M. K. R.; NEVES, L. R.; MARINHO, R. G. B.; TAVARES-DIAS, M. Parasitic infections in tambaqui from eight fish farms in Northern Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 4, 1070-1076, 2015.

DIAS, M. K. R.; TAVARES-DIAS, M. Seasonality affects the parasitism levels in two fish species in the eastern Amazon region. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 31, n. 6, p. 1049-1055, 2015.

DOAN, H. V.; SOLTANI, E.; INGELBRECHT, J.; SOLTANI, M. Medicinal herbs and plants: potential treatment of monogenean infections in fish. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, v. 28, n. 2, p. 260-282, 2020.

EKANEM, A. P.; WANG, M.; SIMON, J. E.; OBIEKEZIE, A. I.; MORAH, F. In vivo and in vitro activities of the seed extract of *Piper guineense* Schum. and Thonn. against skin and gill monogenean parasites of goldfish (*Carassius auratus auratus*). **Phytotherapy Research**, v. 18, n. 10, p. 793-797, 2004.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2024**. Blue Transformation in action. Rome, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4060/cd0683en>.

FERRAZ, M. S. S.; FARONI, L. R. D.; SOUSA, A. H. de; HELENO, F. F.; SILVA, M. V. de A.; ALENCAR, E. R. de. Toxicity of *Piper hispidinervum* essential oil to *Callosobruchus maculatus* and cowpea bean quality. **Plants**, v. 13, n. 22, 3148, 2024.

FORWOOD, J. M.; HARRIS, J. O.; DEVENNEY, M. R. Efficacy of bath and orally administered praziquantel and fenbendazole against *Lepidotrem abidyana* Murray, a monogenean parasite of silver perch, *Bidyanus didyanus* (Mitchell). **Journal of Fish Diseases**, v. 36, n. 11, p. 939-947, 2013.

GODOI, M. M. I. M.; ENGRACIA, V.; LIZAMA, M. L. A. P.; TAKEMOTO, R. M. Parasite-host relationship between the tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier 1818) and ectoparasites, collected from fish farms in the city of Rolim de Moura, State of Rondonia, Western Amazon, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 4, p. 515-524, 2012.

GUIMARÃES, E. F.; CARVALHO-SILVA, M. Piperaceae. In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S. (ed.). **Flora fanerogâmica do estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2014. p. 264-288.

HASHIMOTO, G. S. de O.; MARINHO NETO, F.; RUIZ, M. L.; ACCHILE, M.; CHAGAS, E. C.; CHAVES, F. C. M.; MARTINS, M. L. Essential oils of *Lippia sidoides* and *Mentha piperita* against monogenean parasites and their influence on the hematology of Nile tilapia. **Aquaculture**, v. 450, p. 182-186, 2016.

HOAI, T. D. Reproductive strategies of parasitic flatworms (Platyhelminthes, Monogenea): the impact on parasite management in aquaculture. **Aquaculture International**, v. 28, p. 421-447, 2020.

IBGE. **Produção de tambaqui**. Rio de Janeiro [2025]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tambaqui/br>. Acesso em: 21 abr. 2025.

LIMA, A. F.; PEREIRA, A. S.; COSTA-FERNANDES, T. de O.; RODRIGUES, A. P. O.; COSTA, V. E.; MACIEL-HONDA, P. O. The effect of nursery production system (in cage and pond) on performance, health status, and plankton ingestion of the low trophic level fish tambaqui, *Colossoma macropomum*. **Aquaculture**, v. 586, 740721, 2024.

LUZ, J. G. R.; NOGUEIRA, J. N.; ALVES, C. M. G.; VIDEIRA, M. N.; CANUTO, K. M.; CASTRO, K. N. C.; TAVARES-DIAS, M. Essential oil of *Alpinia zerumbet* (Zingiberaceae) has anthelmintic efficacy against monogenean of *Colossoma macropomum* (Characiformes: Serrasalminidae). **Aquaculture Research**, v. 52, p. 5340-5349, 2021.

MAJOLO, C.; MONTEIRO, P. C.; NASCIMENTO, A. V. P. do; CHAVES, F. C. M.; GAMA, P. E.; BIZZO, H. R.; CHAGAS, E. C. Essential oils from five Brazilian *Piper* species as antimicrobials against strains of *Aeromonas hydrophila*. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 22, n. 3, p. 746-761, 2019.

MANGAS, T. P.; SILVA, F. N. L. da; OLIVEIRA, L. C. de; OLIVEIRA, L. A. de A. Tambaqui death (*Colossoma macropomum*) by helminths in Marajó Island, Pará, Brazil. **Ciência Animal**, v. 30, n. 2, p. 153-158, 2020.

MENDONÇA, M. B.; BATISTA, A. C.; MORAIS, R. R. de; CHAVES, F. C. M. Propagação vegetativa de óleo elétrico (*Piper callosum* Ruiz & Pav.) por estaquia. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 7., 2010, Manaus. **Anais** [...]. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010. p. 139-144.

MENESES, J. O.; COUTO, M. V. S. do; SOUSA, N. C.; CUNHA, F. dos S.; ABE, H. A.; RAMOS, F. M.; CHAGAS, E. C.; CHAVES, F. C. M.; MARTINS, M. L.; MARIA, A. N.; CARNEIRO, P. C. F.; FUJIMOTO, R. Y. Efficacy of *Ocimum gratissimum* essential oil against the monogenean *Cichlidogyrus tilapiae* gill parasite of Nile tilapia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 2, p. 497-504, 2018.

MIRI, Y. B. Essential oils: chemical composition and diverse biological activities: a comprehensive review. **Natural Product Communications**, v. 20, n. 1, p. 1-29, 2025.

MORAIS, A. M.; VARELLA, A. M. B.; VILLACORTA- CORREA, M. A.; MALTA, J. C. de O. A fauna de parasitos em juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characidae: Serrasalminae) criados em tanques-rede em um lago de várzea da Amazônia Central. **Biologia Geral e Experimental**, v. 9, n. 1, p. 14-23, 2009.

MUKAILA, R.; UKWUABA, I. C.; UMARU, I. I. Economic impact of disease on small-scale catfish farms in Nigeria. **Aquaculture**, v. 575, 739773, 2023.

ROCHA, M. J. S.; JERÔNIMO, G. T.; COSTA, O. T. F. da; MALTA, J. C. de O.; MARTINS, M. L.; MACIEL, P. O.; CHAGAS, E. C. Changes in hematological and biochemical parameters of tambaqui (*Colossoma macropomum*) parasitized by metazoan species. **Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, v. 27, n. 4, p. 488-494, 2018.

RODRIGUES, A. P. O.; FREITAS, L. E. L. de; MACIEL-HONDA, P. O.; LIMA, A. F.; LIMA, L. K. F. de. Feeding rate and feeding frequency during the grow-out phase of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in earthen ponds. **Aquaculture Reports**, v. 35, 102000, 2024.

SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; PETROVICK, P. R. (org.) **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Editora UFRGS. 2010. p. 403-434.

SANTOS, E. F.; TAVARES-DIAS, M.; PINHEIRO, D. A.; NEVES, L. R.; MARINHO, R. das G. B.; DIAS, M. K. R. Fauna parasitária de tambaqui *Colossoma macropomum* (Characidae) cultivado em tanque-rede no estado do Amapá, Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 1, p. 107-114, 2013.

SANTOS, T. B. R.; MACIEL, P. O.; PAIXÃO, P. E. G.; MENESES, J. O.; ABE, H. A.; DIAS, J. A. R.; COUTO, M. V. S.; SOUSA, N. C.; CUNHA, F. S.; SANTOS, C. C. M.; MEDEIROS, E. S.; FUJIMOTO, R. Y. Prevalence and risk factors of parasites in tambaqui *Colossoma macropomum* fingerling fish farming from São Francisco region AL/SE. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 74, n. 1, p. 117-125, 2022.

SARNAGLIA JUNIOR, V. B.; BERMUDEZ, G. M. M.; GUIMARÃES, E. F. Diversidade de Piperaceae em um remanescente de Floresta Atlântica na região serrana do Espírito Santo, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 1, p. 49-57, 2014.

SHINN, A.; PRATOOMYOT, J.; BRON, J.; PALADINI, G.; BROOKER, E.; BROOKER, A. Economic impacts of aquatic parasites on global finfish production. **Global Aquaculture Advocate**, p. 58-61, Sep./Oct. 2015a.

SHINN, A. P.; PRATOOMYOT, J.; BRON, J. E.; PALADINI, G.; BROOKER, E. E.; BROOKER, A. J. Economic costs of protistan and metazoan parasites to global mariculture. **Parasitology**, v. 142, n. 1, p. 196-270, 2015b.

ŠIMKOVÁ, A. Host-specific monogeneans parasitizing freshwater fish: the ecology and evolution of host-parasite associations. **Parasite**, v. 31, article number 61, 2024.

SILVA, M. T. da; CAVALCANTE, P. H. de O.; SANTOS, C. P. Monogeneans of *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Serrasalminidae) farmed in the state of Acre, Amazon (Brazil). **Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, v. 31, n. 3, e006522, 2022.

SOARES, B. V.; NEVES, L. R.; OLIVEIRA, M. S. B.; CHAVES, F. C. M.; DIAS, M. K. R.; CHAGAS, E. C.; TAVARES-DIAS, M. Antiparasitic activity of the essential oil of *Lippia alba* on ectoparasites of *Colossoma macropomum* (tambaqui) and its physiological and histopathological effects. **Aquaculture**, v. 452, p. 107-114, 2016.

SOARES, B. V.; CARDOSO, A. C. F.; CAMPOS, R. R.; GONÇALVES, B. B.; SANTOS, G. G.; CHAVES, F. C. M.; CHAGAS, E. C.; TAVARES-DIAS, M. Antiparasitic, physiological and histological effects of the essential oil of *Lippia origanoides* (Verbenaceae) in native freshwater fish *Colossoma macropomum*. **Aquaculture**, v. 469, p. 72-78, 2017a.

SOARES, B. V.; NEVES, L. R.; FERREIRA, D. O.; OLIVEIRA, M. S. B.; CHAVES, F. C. M.; CHAGAS, E. C.; GONÇALVES, R. A.; TAVARES-DIAS, M. Antiparasitic activity, histopathology and physiology of *Colossoma macropomum* (tambaqui) exposed to the essential oil of *Lippia sidoides* (Verbenaceae). **Veterinary Parasitology**, v. 234, p. 49-56, 2017b.

SUTILI, F. J.; MURARI, A. L.; SILVA, L. L.; GRESSLER, L. T.; HEINZMANN, B. M.; VARGAS, A. C. de; SCHMIDT, D.; BALDISSEROTTO, B. The use of *Ocimum americanum* essential oil against the pathogens *Aeromonas hydrophila* and *Gyrodactylus* sp. in silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Letters in Applied Microbiology**, v. 63, n. 2, p. 82-88, 2016.

TAKEMOTO, R. M.; LUQUE, J. L.; BELLAY, S.; LONGHINI, C. E.; GRAÇA, R. J. Monogenea. In: PAVANELLI, G. C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J. C. (org.). **Parasitologia de peixes de água doce do Brasil**. Maringá: Eduem, 2013. p. 273-299.

TAVARES-DIAS, M. Current knowledge on use of essential oils as alternative treatment against fish parasites. **Aquatic Living Resources**, v. 31, p. 2-11, 2018.

TAVARES-DIAS, M.; LEMOS, J. R. G. Ocorrência de ectoparasitos em *Colossoma macropomum* Cuvier. 1818 (Characidae) cultivados em estação de pisciculturas na Amazônia central. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO VIRTUAL DE ACUICULTURA, 4., 2006, Zaragoza. **Anales** [...]. [S.l.]: Sociedad Española de Acuicultura, 2006. p. 726-731. Civa 2006.

TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M. L. An overall estimation of losses caused by diseases in the Brazilian fish farms. **Journal of Parasitic Diseases**, v. 41, n. 4, p. 913-918, 2017.

TAVARES-DIAS, M.; FERREIRA, G. V.; VIDEIRA, M. N. Histopathological alterations caused by monogenean parasites the gills of tambaqui *Colosso- ma macropomum* (Serrasalmidae). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 2057-2064, 2021. Suplemento 1.

THATCHER, V. E. **Amazon fish parasites**. Sofia, Moscow: Pensoft, 2006.

TU, X.; HU, J.; PENG, J.; CHEN, Q.; ZHAO, Y.; GU, Z. Discovery of thymoquinone analogues with high anthelmintic activity against monogenean infections in goldfish (*Carassius auratus*). **Veterinary Parasitology**, v. 334, 110401, 2025.

VERCELLINI, M. C.; GARCÍA, I. D.; REARTE, R.; VARGAS, S.; MONTES, M. M. Eugenol, menthol, and benzocaine as anesthetic and antiparasitic treatments for *Cheirodon interruptus* (Ostariophysii: Characidae). **Aquaculture International**, v. 32, p. 3317-3329, 2024.

YILMAZ, B. H.; YILDIZ, H. Y. Anthelmintic effects of peppermint (*Mentha piperita*), lemon (*Citrus limon*), and tea tree (*Melaleuca alternifolia*) essential oils against monogenean parasite (*Dactylogyru*s sp.) on carp (*Cyprinus carpio*). **Helminthologia**, v. 60, n. 2, p. 125-133, 2023.

