

---

Ciências Biológicas - Noturno

---

**José Carlos de Toledo Junior**

**A bioética e a nocicepção em invertebrados:  
Uma revisão bibliográfica**



Rio Claro - SP  
2025

José Carlos de Toledo Junior

**A bioética e a nocicepção em invertebrados: Uma revisão bibliográfica**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador(a): Claudio José Von Zuben

Rio Claro - SP  
2025

D482b

de Toledo Junior, José Carlos

A bioética e a nocicepção em invertebrados: Uma revisão bibliográfica / José Carlos de Toledo Junior. -- Rio Claro, 2025  
22 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado e licenciatura - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Cláudio José Von Zuben

1. Bioética. 2. Invertebrados. 3. Nocicepção. I. Título.

José Carlos de Toledo Junior

## **A bioética e a nocicepção em invertebrados: Uma revisão bibliográfica**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Instituto de Biociências – Campus de Rio Claro Universidade Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel e Licenciando em Ciências Biológicas.

Rio Claro, 14 de Novembro de 2025.


### **BANCA EXAMINADORA**

Cláudio José Von Zuben  
Orientador

José Paulo Leite Guadanucci  
Parecerista


Laurence Marianne Vincianna Culot  
Parecerista

Aprovado

Documento assinado digitalmente  
 **KALI TOLEDO**  
Nome civil: JOSE CARLOS DE TOLEDO JUNIOR  
Data: 15/10/2025 22:01:46-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Assinatura do aluno

Documento assinado digitalmente  
 **CLAUDIO JOSE VON ZUBEN**  
Data: 14/10/2025 10:26:41-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Assinatura do orientador

Rio Claro – SP  
2025

## RESUMO

Este trabalho busca investigar e trazer à tona o debate dentro do campo da biologia, sobre a percepção de dor em invertebrados, pauta essa que origina debates e estudos no campo da bioética. Tradicionalmente, considerava-se que esses animais reagem apenas a estímulos nocivos por mecanismos reflexos, sem consciência ou experiência subjetiva de dor. Ainda que não haja consenso definitivo sobre a existência de uma experiência consciente de dor nesses animais, a crescente evidência científica tem impulsionado debates éticos sobre seu uso e manejo em atividades humanas. Com isso em vista, a realização de uma revisão bibliográfica qualitativa incluindo artigos científicos, livros e teses, irá buscar trazer essa pauta em justaposição com interpretações anteriores da biologia desses organismos.

**Palavras-chave:** Nocicepção, Bioética, Invertebrados, Dor.

## **ABSTRACT**

This work aims to investigate and bring to light the debate within the field of biology regarding pain perception in invertebrates, a topic that has given rise to discussions and studies in the field of bioethics. Traditionally, it was believed that these animals reacted only to harmful stimuli through reflex mechanisms, without awareness or subjective experience of pain. Although there is no definitive consensus on the existence of a conscious experience of pain in these animals, growing scientific evidence has fueled ethical debates about their use and handling in human activities. With this in mind, a qualitative bibliographic review including scientific articles in academic journals, books, and theses will seek to address this issue in juxtaposition with previous interpretations of the biology of these organisms.

**Keywords:** Nociception, Bioethics, Invertebrates, Pain.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>9</b>
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA.....</b>	<b>10</b>
<b>5 RESULTADO.....</b>	<b>16</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, a experimentação animal tem sido um pilar no avanço da ciência, permitindo descobertas médicas e biológicas que moldaram o mundo moderno. No entanto, essa prática, muitas vezes justificada por uma visão antropocêntrica que coloca o ser humano acima de outras espécies (FELIPE, 2009), enfrenta crescentes questionamentos. Além das preocupações éticas, há debates sobre a validade da extrapolação de resultados obtidos em animais para humanos, especialmente diante do surgimento de métodos alternativos que desafiam a necessidade real do uso da experimentação animal (CHAGAS, 2012).

No século XX, a discussão ganhou força com a criação dos princípios dos "3Rs em inglês" (Tradução: Substituição, Redução e Refinamento), que buscavam minimizar o sofrimento animal em pesquisas (MENEZES, 2002). Esse movimento refletiu uma mudança notável no âmbito social, culminando na Declaração Universal dos Direitos dos Animais, proclamada pela UNESCO em 1978. Tal documento não apenas reconhecia a importância do bem-estar animal, mas também incentivou uma reflexão global sobre os limites éticos da ciência (UNESCO, 1978). No Brasil, esse debate posteriormente possibilitou a criação da Lei Arouca (BRASIL, 2008), que, apesar de representar um avanço na regulamentação do uso de animais em pesquisas, não atendeu completamente às expectativas de grupos defensores dos direitos animais, mantendo a permissão para experimentos em instituições de ensino e pesquisa (MENEZES, 2002).

Enquanto vertebrados dominam as discussões sobre ética na experimentação, um novo campo de estudo vem ganhando destaque: a nocicepção em invertebrados. Investigações recentes sugerem que esses animais podem não apenas detectar estímulos dolorosos, mas também apresentar respostas comportamentais complexas, como aprendizado associado a experiências adversas (CRUMP et al., 2022). Como destaca Burrell (2017), a senciência – capacidade de experimentar sensações como dor e prazer – não deve ser negada apenas porque o sistema nervoso dos invertebrados difere do nosso. Afinal, como observa Crump et

al. (2022, p. 3), "não devemos concluir que os invertebrados não são sencientes simplesmente porque seus cérebros são organizados de maneira diferente. Como analogia, os olhos dos crustáceos são muito diferentes dos olhos dos mamíferos, mas os crustáceos ainda conseguem ver."

Segundo BIRCH, J, sobre a nocicepção de cefalópodes:

"Os estudos analisados revelam fortes evidências de senciência em cefalópodes, particularmente em polvos (octópodes), que atendem com alta ou muito alta confiança aos critérios de presença de nociceptores, regiões cerebrais integrativas, conexões entre nociceptores e áreas cerebrais, respostas moduladas por anestésicos/analgésicos, comportamentos flexíveis de autoproteção, aprendizado associativo complexo e comportamentos que demonstram valorização de estímulos específicos, com confiança moderada no critério da capacidade de avaliar riscos versus recompensas."(BIRCH et al. 2021)

Para Birch et al. (2021), é necessário que países como o Reino Unido e nações da União Europeia busquem debater sobre tal ponto de vista e considerem a inclusão de cefalópodes em suas legislações de proteção animal, potencialmente exigindo o uso de anestésicos e métodos menos invasivos em pesquisas científicas.

Essas descobertas parecem desafiar os paradigmas éticos tradicionais, sugerindo que talvez uma possível reavaliação do tratamento dos invertebrados na ciência seja importante. A partir do princípio de que a ética deve nortear a pesquisa científica, seria prudente que as diretrizes estabelecidas acompanhassem a evolução do conhecimento sobre a senciência animal - em toda sua complexidade e diversidade.

## **2 OBJETIVOS**

O objetivo central deste trabalho é entender como a comunidade científica e acadêmica encara a questão da nocicepção em invertebrados pela perspectiva da bioética, com uma análise crítica colocando em justaposição posicionamentos já estabelecidos e possíveis novas posições, observando também possíveis tendências para debates futuros, quando se trata da ética no uso de animais.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho classifica-se com o método de abordagem qualitativo e de acordo com os objetivos propostos, essa pesquisa visa atender o proposto, que é compreender como a nocicepção em invertebrados é compreendida, e como conceitos bioéticos bem estabelecidos são questionados levando em conta as mais recentes descobertas científicas.

Nesse contexto, a pesquisa fundamenta-se em fontes confiáveis, tais como livros, artigos científicos, monografias e periódicos especializados, os quais oferecem suporte teórico robusto à discussão proposta. O refinamento do tema em questão foi realizado por meio do uso de descritores específicos, como “Nocicepção”, “Invertebrados”, “Dor” e “Bioética”, em inglês e português, que orientaram a seleção das obras consultadas. Além da utilização de descritores, foram estabelecidos critérios de inclusão, como a consideração de publicações (artigos, monografias e livros), a utilização da plataforma “Google Acadêmico” como principal base de busca além de Periódicos Capes e PubMed, e a seleção de materiais que abordassem, ainda que de maneira introdutória, a nocicepção em invertebrados e seus respectivos dilemas bioéticos.

Adicionalmente, foram definidos critérios de exclusão, os quais consistiram na desconsideração de obras que não tratassem especificamente da nocicepção em invertebrados, de publicações não disponíveis nas plataformas e de pesquisas que relacionassem a nocicepção exclusivamente a testes de substâncias, desviando-se do foco ético-filosófico proposto neste estudo.

#### 4 FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA

É necessário, a princípio, fazer a distinção entre *senciência* e *nocicepção*. *Senciência* (do Latim *sentire*, sentir) é a capacidade de experienciar sensações, sejam elas de fome, tédio, ansiedade, prazer, conforto – algo extremamente corriqueiro para a vivência humana. Trata-se da forma mais basal de experienciar tais sensações, em que não necessariamente é exercida uma capacidade de reflexão sobre elas.

Dentro desse conceito, a capacidade de experimentar sentimentos negativos ou aversivos é frequentemente destacada nas definições de *senciência* no contexto do bem-estar animal. Embora essa perspectiva restrinja o conceito à experiência de dor, sofrimento ou dano, tal enfoque possui a vantagem de destacar os aspectos que demandam maior urgência ética. Contudo, limita-se ao excluir dimensões positivas da experiência subjetiva, como bem-estar, conforto ou contentamento. Neste contexto, adota-se uma definição ampla de *senciência* como a capacidade de vivenciar sentimentos, sejam positivos ou negativos. Na prática, contudo, o foco recai sobre estados negativos, dada sua relevância direta para políticas de proteção animal, como estabelecida na Lei Arouca (2008) para casos de uso de animais em pesquisa e na Lei de Crimes Ambientais (1998) que regulamenta maus tratos a animais de forma ampla.

Um aspecto fundamental para a compreensão dessas políticas reside justamente na distinção entre *senciência* e *nocicepção*. Enquanto a *nocicepção* refere-se à detecção neural de estímulos potencialmente nocivos por meio de receptores especializados (nociceptores), tal processo não implica necessariamente consciência ou experiência subjetiva (International Association for the Study of Pain, 2017). Respostas automáticas a estímulos adversos podem ocorrer independentemente de qualquer sensação consciente. A relação entre esses conceitos, no entanto, é inegável. Em humanos, a ativação de nociceptores geralmente desencadeia processamento cerebral que resulta em experiência consciente de dor. É crucial observar que mesmo respostas reflexo complexas podem ocorrer sem envolvimento de sensações subjetivas. A experiência humana da dor envolve dimensões sensoriais (percepção do

estímulo) e afetivas (componente emocional desagradável). Esta última constitui a base principal das preocupações éticas, uma vez que gera sofrimento e motiva comportamentos de evitação. Intervenções farmacológicas, como o uso de morfina, atuam precisamente para mitigar essas questões levantadas (Caputi et al., 2019).

É estabelecido pela já mencionada Lei Arouca (2008) que somente indivíduos que apresentam notocorda em algum estágio de desenvolvimento estão protegidos em um contexto laboratorial, de forma que invertebrados no geral não possuem essa proteção, não dispondo de guias regulamentados para diminuição de estresse, eutanásia humanitária ou qualidade de vida nos biotérios. Para fundamentar essa distinção legal, é necessário salientar que a detecção de sentimentos, como a experiência de dor, apresenta desafios metodológicos significativos, uma vez que tais fenômenos não são diretamente observáveis. Em humanos, a principal evidência de sentiência advém de relatos verbais de experiências subjetivas. No entanto, para outras espécies, depende-se de inferências baseadas em similaridades neuroanatômicas, funcionais e comportamentais.

No caso de outros mamíferos, embora não se disponha de relatos verbais, existem evidências robustas de similaridade com humanos em organização cerebral, funções cognitivas, processos afetivos e comportamentos. A região do cérebro mais fortemente associada à experiência subjetiva em humanos é o neocórtex – estrutura do córtex cerebral organizada em seis camadas de tecido neural. Embora em mamíferos não primatas essa estrutura seja morfolologicamente mais simples, sua presença com a mesma organização básica constitui base para o consenso científico de que esses animais são sencientes (Boly et al., 2013).

Essa estratégia comparativa também se aplica, ainda que com nuances, a outras classes de animais vertebrados. As aves, por exemplo, possuem uma estrutura denominada *pallium* dorsal, que exhibe notáveis similaridades funcionais e de conectividade com o neocórtex mamaliano, embora sua arquitetura seja nuclear (com seis aglomerados neuronais), em vez de laminar (Clayton & Emery,

2015; Güntürkün & Bugnyar, 2016). Considera-se implausível que diferenças na organização cerebral entre mamíferos e aves possam determinar a presença ou ausência de senciência, havendo assim amplo acordo sobre a senciência também nessas espécies.

Quando se analisa vertebrados filogeneticamente distantes dos humanos, como os peixes, a estratégia de inferência baseada em similaridades neuroanatômicas torna-se progressivamente menos direta. Os cérebros dos peixes divergem significativamente dos mamíferos, não apresentando estruturas homólogas ao neocórtex. Essa disparidade morfológica tem sido usada para justificar certo ceticismo em relação à senciência nesses animais (Key, 2016), embora tais posições enfrentem resistência substantiva na literatura científica (Sneddon et al., 2018).

No caso dos invertebrados, objeto da exclusão legal mencionada, as diferenças são ainda mais profundas. Separados por mais de 500 milhões de anos de evolução, estes organismos não compartilham sequer a estrutura básica do cérebro vertebrado – composta por prosencéfalo, mesencéfalo e rombencéfalo, conforme destacado por Feinberg & Mallatt (2016). Contudo, a mera diferença na organização cerebral não permite concluir com segurança, a ausência de senciência. Uma analogia simplista mas real: os olhos dos cefalópodes organizam-se de maneira radicalmente distinta dos olhos dos mamíferos, mas isso não implica incapacidade de visão. Da mesma forma, pode haver múltiplas rotas neurológicas para gerar experiências subjetivas. Como argumentam Feinberg & Mallatt (2016) e Ginsburg & Jablonka (2019), não há razão para descartar a possibilidade de que sistemas neuralmente distintos dos cérebros vertebrados possam sustentar formas de senciência.

Embora as respostas a estímulos dolorosos variem significativamente entre espécies, a capacidade de evitar tais estímulos e aprender com experiências anteriores para prevenir exposições futuras constitui uma característica observada de forma consistente em peixes, invertebrados, mamíferos e aves (BROOM, 2013). De acordo com os rigores metodológicos científicos,

estabeleceram-se três abordagens principais para identificar a ocorrência de dor em animais não-humanos (PRADA et al., 2002).

A primeira abordagem envolve a observação de sinais fisiológicos, que se manifestam através de mecanismos de somatização, nos quais condições mentais e emocionais deixam marcas corporais discerníveis. Quando um animal se percebe ameaçado, agredido ou em situação de medo, seu organismo ativa involuntariamente o sistema nervoso autónomo simpático, desencadeando uma resposta de emergência caracterizada pela libertação de adrenalina. Esta reação provoca taquicardia, aumento da pressão arterial, broncodilatação, redistribuição do fluxo sanguíneo para os músculos, palidez, conversão acelerada de glicogénio em glicose e midríase, constituindo os sinais clássicos da resposta de "lutar ou fugir" (PRADA et al., 2002).

A segunda abordagem baseia-se na detecção de comportamentos sugestivos de dor, cuja expressão varia conforme a espécie, idade, raça, temperamento individual e presença de fatores de estresse adicionais, como ansiedade ou medo (MATHEWS et al., 2014). Entre os indicadores comportamentais mais relevantes incluem-se movimentos de flexão e extensão dos membros, tentativas de afastamento do agente agressor, contorções corporais, vocalizações, imobilidade, contraturas musculares, tremores, alterações nos padrões de autocuidado, agressividade incomum, diminuição da atividade, perda de apetite, isolamento social e comportamentos de proteção de áreas específicas do corpo (MATHEWS et al., 2014). Adicionalmente, observam-se por vezes letargia, perda de peso, alterações de coloração, ataxia e encerramento parcial ou total das pálpebras (GARCIA, 2017).

É crucial notar que muitos animais não-humanos, particularmente espécies-presa como ratos e camundongos – amplamente utilizados em pesquisa –, podem não exibir imediatamente sinais evidentes de dor ou sofrimento, alternando entre comportamentos normais e respostas temporárias à agressão (CONCEA). Esta particularidade exige que a avaliação seja realizada de forma contínua e contextual, considerando a totalidade do repertório comportamental específico de cada espécie.

O nemátodo *Caenorhabditis elegans* e a mosca-das-frutas *Drosophila melanogaster* figuram entre os organismos mais recorrentemente adotados como modelos em investigações biomédicas, justamente por estarem fora do escopo de proteção da Lei Arouca. O nemátodo, reconhecido por sua arquitetura corporal simplificada, proporciona um sistema experimental excepcional para análises biológicas e biomédicas aprofundadas. Paralelamente, a mosca-das-frutas consolida-se como um dos seres vivos mais minuciosamente investigados, prestando contributos notáveis ao avanço da citogenética e ao esclarecimento de enfermidades humanas de origem genética (Gary G. et al.(2010). Apesar de suas estruturas anatomicamente elementares, estes invertebrados exibem notável paralelismo em diversos mecanismos moleculares e celulares quando comparados aos humanos, viabilizando a exploração de numerosas patologias. Cabe ressaltar que ambos foram os primeiros organismos a ter seus genomas integralmente decifrados, marcando um marco significativo no campo da genômica comparativa Daniel et al. (2003).

Num contexto mais recente, outros invertebrados, como outras espécies de insetos e moluscos marinhos, vêm ganhando relevância como objetos de estudo para a compreensão de processos biológicos intrincados presentes em animais mais complexos, incluindo humanos. Efetivamente, tais organismos vêm sendo utilizados numa variedade de modelos de pesquisa, abrangendo áreas como a biologia do desenvolvimento, imunologia, estudos comportamentais, doenças neuromusculares, e disfunções do sistema neural, entre outras aplicações (Birch et al. 2021).

Com essa perspectiva sendo colocada em vista, a Comissão Europeia solicitou à Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos, um parecer técnico para revisar a Diretiva 86/609/CEE, que estabelece normas para a utilização de animais em procedimentos científicos. Este documento foi elaborado seguindo as diretrizes do Painel Científico de Saúde e Bem-Estar Animal, mediante o processo intitulado "Questão sobre a senciência de espécies de invertebrados, formas fetais e embrionárias de vertebrados e invertebrados". O parecer recomendava explicitamente a inclusão de dois grupos de invertebrados sob

proteção legal: cefalópodes (como lulas e polvos) e decápodes (como lagostas, camarões e caranguejos). Contudo, a versão final da Diretiva 2010/63/UE incorporou apenas os cefalópodes em seu escopo protetivo.

Antes mesmo desta iniciativa europeia, várias nações já haviam estabelecido proteções legais para estes invertebrados. O Reino Unido e países escandinavos incluíram cefalópodes e decápodes em sua legislação nacional, tendência seguida por nações como Austrália e Nova Zelândia. O Canadá adotou uma abordagem diferenciada, categorizando invertebrados inferiores (que não requerem considerações especiais) e superiores (que demandam cuidados específicos), incluindo cefalópodes e decápodes nesta última categoria, além de outras espécies não explicitamente detalhadas (Birch et al. 2021)..

As investigações científicas que fundamentam tais medidas revelaram indícios significativos de capacidades sencientes em diversas espécies de invertebrados, demonstrando a presença de memória de curto e longo prazo, aprendizagem complexa - incluindo a assimilação por observação social - e elaboração de representações espaciais através de mapas cognitivos (Birch et al. 2021).. Os estudos neurofisiológicos identificaram receptores especializados na detecção de estímulos potencialmente nocivos, interligados através de redes neuronais a centros de processamento central, além de sítios receptores para substâncias opioides (Caputi et al., 2019). Um dado particularmente relevante mostra que estas espécies alteram suas reações a estímulos potencialmente dolorosos quando submetidas a analgésicos, exibindo padrões reacionais funcionalmente equivalentes aos demonstrados por humanos em situações similares, além de manifestarem claras aversões à reexposição a procedimentos desagradáveis (Birch et al. 2021).

## 5 RESULTADO

A compilação sistemática de dados relativos a treze grupos de invertebrados permitiu verificar que, aproximadamente 60% das espécies analisadas preencheram parâmetros consistentes com a presença de senciência. Esta análise culminou na proposta de um sistema de classificação tripartido: o primeiro grupo abrange cefalópodes e decápodes, em que se verificam evidências robustas de experiência dolorosa; o segundo inclui hemicordados, gastrópodes terrestres, moluscos tetrabrânquios e nudibrânquios, insetos não sociais, isópodes, equinodermos, anelídeos, platelmintos e nematódeos, em que tais evidências se mostram insuficientes; e o terceiro grupo compreende tunicados, insetos sociais e aracnídeos, em que existem indícios limitados que impedem conclusões definitivas.

Do ponto de vista neuroanatômico, observa-se que estes organismos possuem arquiteturas neurais consideravelmente menos complexas que as dos vertebrados, notadamente pela ausência de córtex cerebral. Importante salientar, contudo, que esta diferença estrutural não constitui prova definitiva de incapacidade senciência, uma vez que tecidos neuronais de invertebrados podem ter desenvolvido mecanismos alternativos através de percursos evolutivos distintos. As objeções tradicionais à senciência nestes organismos fundamentam-se principalmente na ausência de reações comportamentais equivalentes às dos vertebrados e na simplicidade relativa dos seus sistemas nervosos. Todavia, estes argumentos mostram-se metodologicamente frágeis, pois partem de pressupostos anatômicos e comportamentais baseados exclusivamente em paradigmas vertebrados. Esta limitação conceitual destaca a premência de desenvolver critérios avaliativos específicos para cada grupo taxonômico, adaptados às suas particularidades biológicas.

Desta forma, é importante salientar que morfologicamente, os insetos, por exemplo, apresentam corpos segmentados em três regiões distintas: (1) cabeça; (2) tórax com três segmentos, dotado de três pares de pernas e nenhum, um ou dois pares de asas; e (3) abdômen tipicamente com onze segmentos. Seu desenvolvimento é marcado por sucessivas mudas (ecdises), reguladas pelo

hormônio ecdisona, que permitem o crescimento através de um novo exoesqueleto quitinoso. O sistema circulatório é aberto, com o coração bombeando hemolinfa através dos tecidos (COOPER, 2011; TAVARES, 2016). O desenvolvimento ontogenético varia entre espécies: algumas apresentam metamorfose completa (ovo, larva, pupa e adulto), como borboletas e besouros, enquanto outras, como gafanhotos, exibem metamorfose incompleta, eclodindo diretamente em forma semelhante ao adulto (ninfas). O sistema sensorial inclui receptores cutâneos responsivos a estímulos químicos e mecânicos, além de proprioceptores articulares que monitoram a posição corporal. Os olhos compostos, constituídos por centenas a milhares de omatídeos, conectam-se ao sistema nervoso central através de nervos ópticos especializados (TAVARES, 2016).

Muitas espécies, como formigas, abelhas e vespas sociais, exibem comportamentos complexos mediados por comunicação química (feromônios) e gestual (danças). Estes sinais são detectados por quimiorreceptores antenais e podais, permitindo a identificação individual quanto a sexo, função colonial e pertencimento grupal. Abelhas, por exemplo, utilizam danças precisas para comunicar localização de recursos alimentares e estados coletivos de alerta (WITTEWER et al., 2017; GEORGE & BROCKMAN, 2019). Evidências neuroanatômicas revelam que insetos possuem estruturas cerebrais análogas ao mesencéfalo vertebrado, associadas ao processamento de experiências subjetivas e consciência básica (KLEIN & BARRON, 2016). Embora a senciência permaneça sendo debatida, suas capacidades cognitivas incluem categorização de informações, atenção seletiva, reconhecimento individual, raciocínio causal e representação espaço temporal (Baracchi & Baciadoona, 2020).

A diversidade de invertebrados impossibilita uma análise exaustiva neste espaço, porém sua inclusão na reflexão ética sobre o impacto de nossas ações e omissões mostra-se indispensável. Moluscos gastrópodes - como caracóis, lesmas e búzios - e anelídeos demonstram capacidades sensoriais notáveis, incluindo respostas defensivas a estímulos nocivos e comportamentos de fuga que sugerem possível percepção dolorosa. O caracol rajado (*Cepaea nemoralis*), por exemplo, evita superfícies aquecidas acima de 40 °C,

comportamento que é inibido mediante administração de opioides (KAVALIER & HIRST, 1986). Reações similares foram documentadas em sanguessugas, lesmas marinhas, anêmonas e minhocas, que exibem contorções vigorosas quando submetidas a estímulos aversivos (STEFANO et al., 2002; BROOM, 2013).

Grupos como poríferos (esponjas), cnidários (águas-vivas, anêmonas, corais) e equinodermos (estrelas-do-mar, ouriços) representam o limite atual de nosso entendimento sobre a senciência. A dificuldade em atribuir-lhes experiências subjetivas, contudo, não deveria implicar sua exclusão moral (Ética Animal, 2021). Procedimentos experimentais que envolvem sua fragmentação celular para estudos regenerativos desafiam nossos parâmetros de respeito à vida, independentemente da complexidade neural. Mesmo para organismos em que a senciência permanece indeterminada, considerações sobre bem-estar mantêm relevância moral. Suas respostas a estímulos ambientais, valor ecológico e importância intrínseca justificam que seu tratamento seja guiado pelo princípio da precaução (BROOM, 2020).

Segundo Cecília (2022), as distinções morais que se estabelece entre humanos e demais espécies levantam questões profundas sobre nossa humanidade, a dignidade dos animais não humanos e o alcance de nossa consideração ética. Estas interrogações se confrontam com o sofrimento infligido baseado em premissas injustificáveis sob qualquer perspectiva moral válida. Sejam vertebrados ou invertebrados, os animais experimentam sofrimentos físicos e emocionais intensos em contextos de experimentação científica, produção animal, atividades de caça, entretenimento questionável, conflitos bélicos e quaisquer outras formas de exploração institucionalizada.

Se faz necessário encontrar caminhos éticos que transcendam classificações arbitrárias baseadas em espécie. Nas últimas décadas, foram testemunhados avanços significativos na proteção animal, porém se permanece em uma era marcada pelo senciocentrismo - paradigma que condiciona a consideração moral à comprovação científica da senciência. Esta abordagem exclui incontáveis seres vivos, por não apresentarem características fenotípicas

familiares, apelo estético ou tamanho que capture nossa atenção. A limitação dessa perspectiva torna-se evidente quando considera-se que muitas espécies atualmente julgadas como não sencientes podem sê-lo, sendo nossas capacidades de detecção ainda insuficientes para capturar a complexidade de suas experiências subjetivas. A atribuição de dignidade e proteção moral não deveria depender exclusivamente de nosso conhecimento biológico sobre estas espécies, mas reconhecer seu valor intrínseco independentemente de características mensuráveis.

Hierarquias baseadas em comparações antropocêntricas mostram-se inadequadas como guia moral absoluto. É fundamental rejeitar paradigmas que legitimem o sofrimento animal como meio de investigação sobre sua senciência. Uma verdadeira ética animalista deve transcender as amarras do senciocentrismo, reconhecendo o valor fundamental de cada indivíduo enquanto fim em si mesmo, com suas particularidades e propósitos existenciais próprios. Esta transformação paradigmática requer que seja ampliada nossa percepção moral para acolher os animais não humanos em sua plenitude existencial, reconhecendo neles vidas moralmente significativas que merecem respeito incondicional.

BIRCH et al., (2021) estabelecem diversos critérios avaliativos para ponderar a senciência e nocicepção em crustáceos e moluscos; estes incluem: 1) existência de nociceptores; 2) presença de regiões cerebrais integrativas; 3) conexões funcionais entre nociceptores e essas regiões; 4) modificação de respostas mediante uso de anestésicos ou analgésicos; 5) capacidade de ponderar ameaças x recompensa; 6) comportamentos flexíveis de autoproteção perante lesões ou ameaças; 7) aprendizagem associativa que ultrapassa simples habituação; e 8) demonstração de valorização de substâncias analgésicas, quando lesionado.

É crucial destacar que nenhum critério isolado constitui evidência conclusiva de senciência, funcionando antes como elemento complementar de uma análise integrada. O primeiro critério citado anteriormente, particularmente, embora relevante como etapa inicial da via dolorosa, poderia ser preenchido por animais

não sencientes. Contudo, a conjugação desses oito parâmetros oferece uma base sólida para avaliação cumulativa, em que o peso das evidências se fortalece pela convergência de múltiplas linhas de investigação.

Com isso, BIRCH et al. (2021) trazem as seguintes perspectivas em respeito aos cefalópodes investigados:

“A avaliação das evidências revela um panorama consistente, porém diverso, quanto à senciência nestes grupos. Para os cefalópodes, os polvos (octópodes) apresentam indícios particularmente robustos, atendendo com alto ou muito alto grau de confiança aos critérios 1, 2, 3, 4, 6, 7 e 8, e com confiança moderada ao critério 5. Embora as evidências sejam menos abundantes para lulas e sépias (outros cefalópodes coleoides), elas permanecem substanciais, apoiando com alta confiança os critérios 1, 2, 3 e 7.”

Paralelamente sobre os decápodes investigados, BIRCH et al. (2021) trazem a seguinte conclusão:

“No caso dos decápodes, os caranguejos verdadeiros (Brachyura) demonstram forte evidência de senciência, satisfazendo com alta ou muito alta confiança os critérios 1, 2, 4, 6 e 7. Caranguejos anomuros e lagostins/camarões de água doce (Astacidea) também apresentam evidências substanciais, com suporte significativo para vários critérios-chave.”

Para BIRCH et al. (2021), os dados disponíveis apontam para fortes indícios de senciência em polvos (ordem Octopoda) e caranguejos verdadeiros (infraordem Brachyura), com bases igualmente significativas para outros cefalópodes como lulas e sépias, além de diversos crustáceos decápodes, incluindo caranguejos anomuros e camarões carídeos. É importante salientar que dos casos analisados, não foi encontrada confiança significativa na incapacidade de algum táxon em atender aos critérios de senciência. A literatura científica atual pode não revelar diferenças substanciais entre cefalópodes e decápodes quanto à qualidade ou volume de evidências.

Um ponto importante a ser considerado é o de que a ausência de confiança elevada no atendimento de certos critérios decorre principalmente da escassez de estudos específicos, e não de evidências contrárias. Esta nuance é fundamental: cefalópodes e decápodes foram selecionados justamente por serem candidatos plausíveis à senciência, diferentemente de outros

invertebrados como águas-vivas, em que a ausência de senciência seria mais evidente.

A quantidade de evidências disponíveis está diretamente relacionada à atenção científica recebida. Polvos e caranguejos verdadeiros foram amplamente estudados, enquanto outros grupos como nautiloides e certos camarões permanecem negligenciados.

## 6 CONCLUSÃO

A análise desenvolvida ao longo deste trabalho demonstra a complexidade inerente à avaliação da senciência animal, particularmente no que concerne aos invertebrados. A distinção fundamental entre nocicepção - como mecanismo neurofisiológico de detecção de estímulos potencialmente nocivos - e senciência - como capacidade de experienciar estados subjetivos - revela-se crucial para uma compreensão adequada do tema. Os oito critérios estabelecidos por Birch et al. (2021) oferecem um *framework* metodológico robusto para essa avaliação, ainda que nenhum critério isolado possa ser considerado definitivo.

As evidências compiladas apontam para fortes indícios de senciência em diversos grupos de invertebrados, especialmente cefalópodes e decápodes. A presença de mecanismos neurofisiológicos sofisticados, comportamentos complexos e respostas a analgésicos sugere capacidades sencientes que desafiam os paradigmas tradicionais baseados exclusivamente na neuroanatomia dos vertebrados. Importante destacar que a ausência de estruturas homólogas ao córtex cerebral não constitui evidência conclusiva de ausência de senciência, uma vez que diferentes trajetórias evolutivas podem levar a soluções neurobiológicas alternativas.

O atual panorama regulatório, representado pela Lei Arouca no Brasil e pela Diretiva 2010/63/UE na Europa, mostra-se insuficiente ao excluir a maioria dos invertebrados de proteções éticas básicas. A abordagem senciocêntrica, embora útil, revela limitações quando aplicada de forma restritiva, especialmente considerando as incertezas científicas quanto às capacidades sencientes de inúmeros táxons.

O princípio da precaução emerge como orientação ética fundamental, sugerindo que a proteção animal deve estender-se para além das certezas científicas atuais. A constatação de que aproximadamente 60% dos invertebrados estudados apresentam evidências de senciência, conforme a classificação tripartite proposta, reforça a necessidade de revisão dos marcos legais existentes.

Conclui-se que o avanço na proteção animal requer uma dupla abordagem: por um lado, o aprofundamento da pesquisa científica sobre senciência em invertebrados, mediante critérios adaptados às suas particularidades biológicas; por outro, a adoção de uma perspectiva ética mais abrangente que reconheça o valor intrínseco destes seres para além de capacidades mensuráveis. A inclusão progressiva de invertebrados como cefalópodes e decápodes na legislação de proteção animal, representa um passo necessário em direção a uma ética animal verdadeiramente abrangente e não-antropocêntrica.

## REFERÊNCIAS

Birch, Jonathan; Burn, Charlotte; Schnell, Alexandra, K.; Browning, Heather; and Crump, Andrew. Review of the Evidence of Sentience in Cephalopod Molluscs and Decapod Crustaceans. Department for Environment, Food & Rural Affairs (Defra), 2021.

Burrell, Brian D. Comparative biology of pain: what invertebrates can tell us about how nociception works. *Journal of Neurophysiology*, 2017.

Vasconcelos, Mariana, Guimarães ; Ednésio, José, da Cruz, Freire ; Bezerra, Lea, Maria, Menezes. Use of animals in research: a brief review of legislation in Brazil. *Revista Bioética*, 2016

Brasil. Presidência da República. Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008. Regulamenta o inciso VII do parágrafo 1º do artigo 225 da Constituição Federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais; revoga a Lei nº 6.638, de 8 de maio de 1979; e dá outras providências. [Internet]. *Diário Oficial da União*. 2008 [acesso 20 de março 2025]. Seção 1. Disponível: <http://bit.ly/1WV52wP>

Menezes HS. Ética e pesquisa em animais. *Rev Amrigs*. 2002;46(3,4):105-8.

Felipe ST. Antropocentrismo, sencientismo e biocentrismo: perspectivas éticas abolicionistas, bem-estabilistas e conservadoras e o estatuto de animais não-humanos. *Rev Páginas Filos*. 2009;1(1):1-30.

Chagas FB, D'Agostini FM. Considerações sobre a experimentação animal: conhecendo as implicações éticas do uso de animais em pesquisas. *Rev Redbioética*. 2012;2(6):35-46.

Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Declaração universal dos direitos dos animais. [Internet]. Bruxelas: Unesco; 27 jan 1978 [acesso 21 de março de 2025]. Disponível: <http://bit.ly/42pnXqM>

Crump, Andrew; Browning, Heather; Schnell, Alex; Burn, Charlotte; and Birch, Jonathan Sentience in decapod crustaceans: A general framework and review of the evidence. *Animal Sentience* 32(1), 2022.

NEELY, Gary G. et al. A genome-wide *Drosophila* screen for heat nociception identifies  $\alpha 2\delta 3$  as an evolutionarily conserved pain gene. *Cell*, v. 143, n. 4, 2010.

Baracchi, D., & Baciadonna, L. Insect sentience and the rise of a new inclusive ethics. *Animal Sentience*, 5(29), 18, 2020.

Tavares, M. Introdução, origem e evolução dos Arthropoda. 2016

Cooper, J.E. Insects. In: Lewbart GA (ed) *Invertebrate Medicine*. Blackwell Publishing: United States of America. 2011

Stefano, G. B., Cadet, P., Zhu, W., Rialas, C. M., Mantione, K., Benz, D., Fuentes, R., Casares, F., Fricchione, G.L., Fulop, Z., & Slingsby, B. The blueprint for stress can be found in invertebrates. *Neuroendocrinology Letters*, 2002.

Broom, D. M. The welfare of invertebrate animals such as insects, spiders, snails and worms. In *Animal suffering: From science to law*, International symposium, 2013.

Broom, D. M. Brain complexity, sentience and welfare. *Animal Sentience*, 5(29), 27, 2020.

Ética Animal. Disponível em:

<https://www.animaethics.org/senciencia-secao/senciencia-animal-intro/seres-nao-sao-conscientes/>, 2021. Acesso em: 22 Julho 2025.

Kavaliers, M., & Hirst, M. Environmental specificity of tolerance to morphine-induced analgesia in a terrestrial snail: Generalization of the behavioral model of tolerance. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 1986.

Wittwer, B., Hefetz, A., Simon, T., Murphy, L. E., Elgar, M. A., Pierce, N. E., & Kocher, S. D. Solitary bees reduce investment in communication compared with their social relatives. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2017.

George, E. A., & Brockmann, A. Social modulation of individual differences in dance communication in honey bees. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 2019.

TRACEY, W. Daniel et al. *painless*, a *Drosophila* gene essential for nociception. *Cell*, v. 113, n. 2, 2003.

PRADA, I. L. S.; MASSONE, F.; CAIS, A.; COSTA, P. P. E. M.; SENEDA, M. M. Bases metodológicas e neurofuncionais da avaliação da ocorrência de dor / sofrimento em animais. *Revista de Educação Continuada CRMV-SP, São Paulo*, v. 5, fascículo 1, p. 1-13, jan. 2002.

MATHEWS, K.; KRONEN, P. W.; LASCELLES, D.; NOLAN, A.; ROBERTSON, S.; STEAGAL, P. V. M.; WRIGHT, B.; YAMASHITA, K. *Directivas para o reconhecimento, avaliação e tratamento da dor*. Canadá: WSAVA Global Veterinary Community, 2014.

GARCIA, Laís Velloso. *Considerações sobre dor e analgesia em répteis*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2017.

BOLY, M. et al. Consciousness in humans and non-human animals: recent advances and future directions. *Frontiers in Psychology*, v. 4, 2013.

CAPUTI, F. et al. Interplay between the Endogenous Opioid System and Proteasome Complex: Beyond Signaling. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 20, n. 6, p. 1441, 21 mar. 2019.

CLAYTON, N. S.; EMERY, N. J. Avian Models for Human Cognitive Neuroscience: A Proposal. *Neuron*, v. 86, n. 6, p. 1330–1342, 17 jun. 2015.

DE SOUZA VALENTE, C. A ÉTICA SENCIOCÊNTRICA E A EXCLUSÃO DE INVERTEBRADOS DA CONSIDERAÇÃO MORAL. *Ano*, v. 8, p. 347–393, 2022.

FEINBERG, T. E.; MALLATT, J. The nature of primary consciousness. A new synthesis. *Consciousness and Cognition*, v. 43, p. 113–127, jul. 2016.

GINSBURG, S.; JABLONKA, E. The Evolution of the Sensitive Soul.

GÜNTÜRKÜN, O.; BUGNYAR, T. Cognition without Cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 20, n. 4, p. 291–303, abr. 2016.

KEY, B. Why fish do not feel pain. *Animal Sentience*, v. 1, n. 3, 1 jan. 2016.

KLEIN, C.; BARRON, A. Insects have the capacity for subjective experience. *Animal Sentience*, v. 1, n. 9, 11 jul. 2016.

SNEDDON, L. U. et al. Fish sentience denial: Muddying the waters. *Animal Sentience*, v. 3, n. 21, 1 jan. 2018.