# COLMEIA COMO SISTEMA BIOLÓGICO COMPLEXO: ORGANIZAÇÃO, COMUNICAÇÃO E COOPERAÇÃO

João Vitor de Oliveira da Silva[1]
Samuel Maciel Tomé da Rosa[2]
Suelen Naiara de Lima[3]
Gabriele Souza de Freitas[4]
Eliane Reis[5]

Instituição: Escola Estadual de Ensino Médio Antônio Padilha
Modalidade: Relato de Pesquisa
Eixo Temático: Ciências da Natureza e suas Tecnologias

## 1. Introdução:

A organização dos seres vivos em sistemas complexos constitui um dos temas mais instigantes da biologia contemporânea, especialmente quando se observa a capacidade de indivíduos relativamente simples atuarem de forma coordenada para formar estruturas altamente eficientes. Nesse contexto, as colmeias de abelhas destacam-se como exemplos emblemáticos de sistemas biológicos complexos, nos quais milhares de indivíduos interagem continuamente, desempenhando funções específicas e interdependentes que garantem a sobrevivência e o equilíbrio da colônia. Essa dinâmica coletiva evidencia um nível de organização que ultrapassa o comportamento individual, aproximando-se do conceito de "superorganismo", no qual a colmeia funciona como uma unidade integrada.

As abelhas sociais, especialmente as do gênero *Apis*, apresentam uma organização interna marcada por uma clara divisão de trabalho, que varia de acordo com a idade, a função e as necessidades da colônia. Entre as principais categorias, destacam-se a abelha-rainha, responsável pela reprodução; as operárias, que desempenham múltiplas funções, como coleta de alimento, construção de favos, cuidado com as larvas e defesa da colmeia; e os zangões, cuja principal função está relacionada à reprodução. Essa divisão de tarefas não ocorre de maneira aleatória, mas sim como resultado de mecanismos evolutivos e comportamentais que favorecem a eficiência e a adaptação do grupo ao ambiente.

Além da organização estrutural, a comunicação desempenha papel fundamental no funcionamento da colmeia. As abelhas utilizam sistemas sofisticados de troca de informações, que incluem sinais químicos, como feromônios, e comportamentos específicos, como a conhecida "dança das abelhas". Por meio desses mecanismos, é possível transmitir informações detalhadas sobre a localização de fontes de alimento, condições ambientais e possíveis ameaças, permitindo que a colônia responda de maneira rápida e coordenada às mudanças do meio. Essa capacidade de comunicação eficiente é um dos fatores que contribuem para o sucesso adaptativo das abelhas ao longo da evolução.

---

[1] Estudantes do 2º ano da Escola Estadual de Ensino Médio Antônio Padilha
[2] Estudantes do 2º ano da Escola Estadual de Ensino Médio Antônio Padilha
[3] Estudantes do 2º ano da Escola Estadual de Ensino Médio Antônio Padilha
[4] Estudantes do 2º ano da Escola Estadual de Ensino Médio Antônio Padilha
[5] Professora da Escola Estadual de Ensino Médio Antônio Padilha e orientadora do trabalho

Outro aspecto essencial para a compreensão da colmeia como sistema complexo é a cooperação entre os indivíduos. Diferentemente de sistemas baseados na competição individual, as abelhas atuam de forma cooperativa, priorizando o bem-estar coletivo em detrimento de interesses individuais. Essa cooperação se manifesta em diversas atividades, como a produção de alimento, a manutenção da temperatura interna da colmeia e a proteção contra predadores. A interação constante entre os indivíduos gera padrões organizados que emergem espontaneamente, caracterizando o fenômeno da inteligência coletiva, no qual decisões e comportamentos eficientes surgem a partir de interações locais simples.

A relevância do estudo das colmeias vai além do interesse biológico, alcançando também áreas como ecologia, ciência dos sistemas complexos e até mesmo ciências sociais. As abelhas desempenham papel fundamental na polinização de diversas espécies vegetais, sendo essenciais para a manutenção dos ecossistemas e da biodiversidade. Além disso, compreender os mecanismos de organização e cooperação desses insetos pode contribuir para o desenvolvimento de modelos aplicáveis a sistemas humanos, como redes de comunicação, logística e gestão coletiva.

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo investigar como os elementos de organização, comunicação e cooperação se articulam para estruturar a colmeia como um sistema biológico complexo. O problema central que orienta esta pesquisa consiste em compreender de que maneira esses fatores interagem para garantir a eficiência, a estabilidade e a capacidade adaptativa da colônia. Parte-se da hipótese de que o funcionamento eficiente da colmeia está diretamente relacionado à integração desses processos, os quais permitem a divisão de tarefas, a troca de informações e a atuação coletiva frente às demandas ambientais.

Para isso, adota-se uma abordagem qualitativa, baseada em revisão bibliográfica de obras e estudos científicos relevantes na área, buscando construir uma compreensão ampla sobre o tema e evidenciar a complexidade das relações biológicas presentes nas colmeias.

Este estudo se justifica**,** primeiramente, pelo interesse em compreender como sistemas naturais complexos funcionam de forma integrada e eficiente. Do ponto de vista pessoal, o tema desperta curiosidade sobre o comportamento coletivo dos seres vivos e suas estratégias de sobrevivência.

No âmbito científico, a pesquisa insere-se no campo da Biologia e da Ecologia, dialogando com estudos sobre comportamento animal e sistemas complexos. Sua contribuição consiste em integrar diferentes aspectos, organização, comunicação e cooperação, para oferecer uma visão mais ampla e articulada do funcionamento da colmeia.

Do ponto de vista social, compreender o funcionamento das colmeias é relevante, pois as abelhas desempenham papel essencial na polinização e na manutenção dos ecossistemas. Assim, o estudo contribui para a valorização desses organismos, para a conscientização sobre sua importância ambiental e para o avanço do conhecimento científico acerca dos sistemas naturais organizados.

## 2. Procedimentos Metodológico:

Esta pesquisa insere-se na abordagem qualitativa que, segundo Lüdke e André (2013), busca compreender os fenômenos em seu contexto natural a partir dos significados atribuídos pelos sujeitos às suas experiências. O método adotado foi o estudo de caso que, conforme Yin (2001), possibilita a investigação detalhada de um fenômeno em seu contexto real. O estudo foi realizado em uma escola pública estadual da Região Noroeste do Rio Grande do Sul, com a

participação de 40 estudantes do Ensino Médio, sendo 13 do 1º ano, 13 do 2º ano e 14 do 3º ano.

A produção dos dados ocorreu por meio de um questionário composto por 12 questões abertas, respondido durante as aulas. Para este artigo, foram analisadas três questões relacionadas ao objetivo da pesquisa: a) como as funções desempenhadas pelas abelhas (rainha, operárias e zangões) contribuem para o funcionamento e a sobrevivência da colmeia; b) como as abelhas se comunicam e cooperam para localizar alimento, proteger a colmeia e responder às mudanças do ambiente; e c) por que a colmeia pode ser considerada um sistema biológico complexo, considerando sua organização, comunicação, cooperação e importância para o equilíbrio ambiental.

Os questionários foram numerados de 1 a 40 e, para preservar a identidade dos participantes, utilizou-se a identificação A1, A2, A3... A organização e a análise dos dados foram realizadas por meio da Análise Textual Discursiva (ATD), proposta por Moraes e Galiazzi (2016), sendo a interpretação fundamentada em estudos sobre sistemas biológicos complexos e comportamento social das abelhas.

## 3. Resultados e Discussões

A análise das respostas evidenciou que os estudantes reconhecem elementos importantes da organização social das abelhas, embora também apresentem conhecimentos parciais e algumas concepções que necessitam de aprofundamento. Como as respostas eram abertas, um mesmo participante pôde mencionar mais de um aspecto; por isso, as frequências das categorias não correspondem, necessariamente, ao total de 40 estudantes.

Na questão 10, relacionada às funções desempenhadas pelas diferentes castas, 14 estudantes associaram a rainha à postura de ovos e 12 afirmaram que cada abelha possui uma função. Também foram mencionadas a coleta de pólen pelas operárias (6 respostas) e a fecundação da rainha pelos zangões (5 respostas). Esses resultados demonstram que parte dos participantes compreende a divisão de trabalho existente na colônia. Segundo Camargo, Pereira e Lopes (2002), nas abelhas Apis mellifera há diferenciação de funções entre rainha, operárias e zangões, sendo a rainha responsável principalmente pela reprodução, enquanto as operárias realizam tarefas como alimentação das crias, construção e limpeza dos favos, coleta de recursos e defesa da colônia.

Entretanto, 12 estudantes afirmaram que a rainha 'lidera' a colmeia e três atribuíram aos zangões a função de proteção. Essas respostas revelam concepções que precisam ser problematizadas. A rainha exerce papel fundamental na reprodução e na organização química da colônia por meio de feromônios, mas a dinâmica coletiva não corresponde a uma liderança nos moldes humanos. Da mesma forma, a defesa do ninho é uma atividade realizada principalmente pelas operárias, enquanto os zangões estão relacionados à reprodução. Assim, os dados mostram que os estudantes identificam a existência de especialização de funções, porém nem sempre reconhecem corretamente quais tarefas são desempenhadas por cada casta.

Na questão 11, referente à comunicação e à cooperação, destacaram-se as respostas relacionadas à vibração (14), à dança (13), ao cheiro (10) e aos feromônios (5). Também foram citados movimentos e antenas. Os resultados indicam que muitos participantes reconhecem que a comunicação entre as abelhas ocorre por diferentes sinais. Camargo, Pereira e Lopes (2002) descrevem que Apis mellifera utiliza sons, substâncias químicas, tato e danças para a comunicação, sendo os feromônios importantes na coordenação de comportamentos da colônia.

A dança também possibilita a transmissão de informações relacionadas às fontes de alimento. Dessa forma, as respostas dos estudantes aproximam-se do conhecimento científico ao identificarem diferentes mecanismos utilizados na troca de informações dentro da colmeia.

Na questão 12, que buscou compreender por que a colmeia pode ser considerada um sistema biológico complexo, 14 estudantes destacaram que cada indivíduo possui sua função e 13 afirmaram que as abelhas trabalham juntas. Essas categorias reforçam a percepção de que a sobrevivência da colônia depende da integração entre seus membros. A organização eussocial das abelhas caracteriza-se justamente pela cooperação, divisão de trabalho e convivência de indivíduos com funções distintas, elementos que fazem com que o funcionamento coletivo seja mais complexo do que a atuação isolada de cada abelha.

Por outro lado, cinco participantes afirmaram não saber responder à questão 12 e oito não apresentaram resposta. Esse resultado sugere que, embora conceitos como trabalho conjunto e divisão de tarefas sejam reconhecidos por parte dos estudantes, a compreensão da colmeia como um sistema biológico complexo ainda não está consolidada entre todos. Apenas três respostas relacionaram a ausência das abelhas a consequências negativas para a humanidade, indicando que a conexão entre a organização da colônia e sua importância para o equilíbrio ambiental apareceu com menor frequência. Assim, os resultados respondem ao objetivo da pesquisa ao evidenciar que organização, comunicação e cooperação são percebidas pelos estudantes como componentes do funcionamento da colmeia, mas também apontam a necessidade de aprofundar conhecimentos sobre as funções das castas e sobre a importância ecológica das abelhas.

## 4. Conclusão

Os resultados permitem concluir que a colmeia pode ser compreendida como um sistema biológico complexo porque seu funcionamento depende da integração entre divisão de tarefas, comunicação e cooperação. As respostas dos estudantes demonstraram maior reconhecimento da função reprodutiva da rainha, da existência de funções específicas entre as abelhas e de mecanismos de comunicação, especialmente vibrações, dança, cheiro e feromônios. Ao mesmo tempo, foram identificadas concepções que necessitam de aprofundamento, como a ideia de que a rainha exerce uma liderança semelhante à humana e de que os zangões são responsáveis pela proteção da colmeia. Também se observou que parte dos participantes apresentou dificuldade em relacionar a organização coletiva das abelhas ao conceito de sistema complexo e à sua importância ambiental. Dessa forma, a pesquisa atingiu seu objetivo ao evidenciar como organização, comunicação e cooperação se articulam no funcionamento da colônia e, simultaneamente, mostrou a importância de ampliar o conhecimento dos estudantes sobre o comportamento social e o papel ecológico das abelhas.

## 5. Referências

CAMARGO, Ricardo Costa Rodrigues de; PEREIRA, Fábia de Mello; LOPES, Maria Teresa do Rêgo. Produção de mel. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 133 p. (Sistemas de Produção, 3).

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso de. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: EPU, 2013.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. 3. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2016.

PEREIRA, Fábia de Mello; LOPES, Maria Teresa do Rêgo; CAMARGO, Ricardo Costa Rodrigues de; VILELA, Sérgio Luiz de Oliveira. Sistema de produção de mel. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 78 p. (Embrapa Meio-Norte. Sistema de Produção, 3, versão eletrônica).

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.