

Mauro de Melo Júnior (Org.)

Decifrando os sinais dos seres vivos



1ª Edição

Com linguagem descomplicada, os autores, acompanhados pela carismática mascote Ciclopinho, apresentam em 10 capítulos conceitos gerais sobre os organismos bioindicadores, biomonitoração, além de suas especificidades em diferentes tipos de ambientes do terrestre ao aquático e em diferentes escalas do micro ao macro. Esta obra é indicada para professores e alunos de ensino médio, mas todos que se preocupam e buscam um mundo sustentável podem usufruir da leitura.

Teresa Buri

Cientista, professora da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e mãe de um filho lindo



Mauro de Melo Júnior (Org.)

Decifrando os sinais dos seres vivos

1ª edição



Prof. Marcelo Brito Carneiro Leão
Reitor da UFRPE
Prof. Gabriel Rivas de Melo
Vice-reitor da UFRPE
Edson Cordeiro do Nascimento
Diretor do Sistema de Bibliotecas da UFRPE



Editora Universitária - UFRPE

Antão Marcelo Freitas Athayde Cavalcanti
Diretor
Josuel Pereira de Souza
Chefe de Produção Gráfica
José Abmael de Araújo
Coordenador Administrativo

Organizador
Prof. Mauro de Melo Júnior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

M528d Melo Júnior, Mauro de
 Decifrando os sinais dos seres vivos / Mauro de Melo
Júnior. – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2023.
 185 p.: il.

Inclui bibliografia.

1. Meio ambiente 2. Sustentabilidade e meio ambiente 3. Biodiversidade 4. Qualidade ambiental 5. Indicadores ambientais 6. Monitoramento ambiental I. Título

CDD 570

ISBN 978-65-86547-67-2

COMITÊ CIENTÍFICO

Airton Torres Carvalho
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Andrezza Karla de Oliveira Silva
Universidade Federal de Pernambuco

Claudia Costa Bonecker
Universidade Estadual de Maringá

Eveline Pinheiro de Aquino
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia
Afrobrasileira

Flávia Carolina Lins da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Jefferson Rodrigues Maciel
Jardim Botânico do Recife

Juliano A. Bogoni
Universidade de São Paulo

Leidiane Pereira Diniz
Universidade Federal de Ouro Preto

Marco Aurélio Paes de Oliveira
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Marcos Souto Alves
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Maria Angélica Oliveira Marinho
Universidade Estadual do Tocantins

Maria Teresa Buril
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Mônica Lúcia Botter Carvalho
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Phoeve Macario
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Rogério de Aquino Saraiva
Universidade Federal do Cariri

Soraya Giovanetti El-Deir
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Talita Ferreira
Universidade Federal do Paraná

Tatiane Martins Garcia
Universidade Federal do Ceará

Virginia Medeiros de Siqueira
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Xiomara Franchesca García Díaz
Universidade Federal Rural da Amazônia

DIAGRAMAÇÃO

Alef Jonathan da Silva
Kaio Henrique Farias da Silva
Yago Araújo de Melo

ARTE E ILUSTRAÇÕES

Kaio Henrique Farias da Silva
(Capas e ilustrações)

Karina Lizandra Rocha de Figueirêdo
(Ciclopinho)

REVISÃO DO TEXTO

Os autores

REVISÃO FINAL

Alef Jonathan da Silva
Juliana Vital de Mendonça
Kaio Henrique Farias da Silva
Mauro de Melo Júnior
Verônica Falcão
Yago Araújo de Melo

APRESENTAÇÃO

Interpretar os sinais dos seres vivos para realizar diagnósticos ambientais é algo comum nas nossas vidas. Quem nunca escutou de um parente mais velho algum conhecimento sobre um animal ou uma planta? Geralmente, essas pessoas mais experientes nos passam algumas superstições, mas em outras situações, elas comentam sobre algo relacionado às chuvas, umidade do ar, trovões, poluição, etc. O que essas pessoas fazem, na prática, é o que os cientistas pesquisam quando se trata do processo da bioindicação – que nada mais é que interpretar os seres vivos (bio) a partir de algo que eles indicam.

Este primeiro livro da Série Ciclopinho traz um conjunto de dez capítulos elaborados por cientistas de diferentes ramos das Ciências Biológicas e áreas afins, que compartilham conhecimentos, experiências e proposições científicas sobre os seres vivos indicadores de condições ambientais. A ideia deste livro é atingir o grande público, sobretudo aquele inserido no contexto escolar (professores e estudantes), mas graduandos de Biologia e áreas ambientais, em períodos iniciais, também podem usufruir das informações aqui contidas.

O primeiro rascunho do livro **Decifrando os Sinais dos Seres Vivos** surgiu na época do isolamento social da pandemia da COVID-19, quando as disciplinas foram totalmente trabalhadas de forma remota. Além de contar a participação dos estudantes de pós-graduação da disciplina Bioindicadores Ambientais, outros pesquisadores foram convidados. Os estudantes líderes e vários co-autores dos capítulos 2 ao 10 são dos os Programas de Pós-graduação em Biodiversidade (UFRPE/Recife), em Biodiversidade e Conservação (UFRPE/Serra Talhada), em Entomologia (UFRPE/Sede), em Etnobiologia e Conservação da Natureza (PPGEtno/UFRPE e outras instituições), em Oceanografia (PPGO/UFPE) e em Ecologia e Recursos Naturais (UFSCar).

O mascote central deste livro é o Ciclopinho – carinhosamente criado e idealizado pela licenciada em Ciências Biológicas (UFRPE) Karina Figueirêdo. Trata-se de um pequeno crustáceo, do grupo dos copépodes, que possui um tamanho inferior a um grão de arroz, mas que apresenta uma grande importância nos ecossistemas aquáticos de todo o Planeta. Só por curiosidade, o Plâncton, do desenho animado Bob Esponja, é um representante deste grupo animal. Ao longo do livro, Ciclopinho acompanhará você na trajetória do conhecimento sobre os sinais dos seres vivos na interpretação da qualidade dos nossos ecossistemas. Excelente leitura!

A todos e todas que lutam por um
Planeta sustentável, florestado e limpo.
Às professoras e aos professores que
atuam na construção da cidadania nas
Escolas Públicas.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia (Zoologia) e dos autores. Não é permitida a reprodução para venda ou qualquer fim comercial.

PREFÁCIO

POR UMA CIENTISTA

Não existe escola mais deslumbrante que a natureza. Se nos despirmos da armadura rígida da insensibilidade, se aguçarmos bem os sentidos, aqueles mesmos que nos guiaram em anos de evolução através de tantas descobertas, seremos capazes de receber muitos sinais. Podemos perceber, por exemplo, como plantas produzem suas mais belas flores em resposta ao estresse hídrico, de como animais são capazes de elaborar sofisticados mecanismos de sobrevivência, de como flores seduzem seus polinizadores com aromas de perder a cabeça.

A forma como os seres vivos reagem às grandes variações no meio ambiente também nos ensina como a adaptação, a resiliência e a resistência são fundamentais em um mundo em transformação. A capacidade humana de alterar o mundo natural com uma velocidade inigualável também traz desafios aos organismos vivos, que nos mostram, tempo a tempo, que a máquina evolutiva não para. E nós, humanos, é que podemos perder essa viagem se não aprendermos com a incrível escola natural.

O livro “Decifrando os sinais dos seres vivos” só pode ter saído da cabeça de gente que não perdeu o passo e nem o pé no chão. Através de muitos exemplos práticos, descobrimos que desde a antiguidade

aprendemos a ler os sinais da natureza através dos organismos. Seguimos adiante, aprendendo a como ler os sinais dos organismos vivos em várias escalas (do micro ao macro, da célula ao ecossistema), na tentativa de entender como os nossos sistemas naturais vão sentindo as mudanças e como suas populações vão se adaptando e se reorganizando nessa nova lógica – nem sempre lógica, diga-se de passagem.

Esse livro, que tem muito a ensinar a quem quer ler nas entrelinhas dos bioindicadores ambientais, é obra fundamental para se encantar com as relações dos organismos entre si e com o meio ambiente, se deleitar com os sofisticados mecanismos que garantem a sobrevivência de espécies, mesmo diante do mais poderoso impacto e pensar em como as espécies, mesmo as mais pequenininhas, são capazes de aguentar tanta pressão e continuar a existir. E é isso que encanta nesse livro. Apesar do mundo tecnológico, Terra. Não, não existe outro igual. Não tem pra onde correr (ou voar). Ou a gente aprende, ou a gente aprende. Ainda bem que os autores desse livro já nos deram de presente essa grande obra. Eu não perderia tempo em mergulhar nesse roteiro de aprendizagem e sobrevivência.

Eneida Eskinazi Sant'Anna

Cientista, professora da Universidade Federal de Ouro Preto
e mãe de duas filhas

PREFÁCIO

POR UMA JORNALISTA

Aplicar a base da Teoria da Comunicação ao assunto deste livro foi um exercício inevitável quando parei os olhos no título: Decifrando os sinais dos seres vivos. Em linhas gerais a teoria define que, para se estabelecer comunicação, é preciso um emissor, uma mensagem e um receptor. E a base estrutural da mensagem são justamente os sinais.

Assim, fazendo a analogia entre o modelo teórico da comunicação e o da bioindicação, o emissor seria o ser vivo ou o ecossistema analisado. A mensagem, as alterações sofridas por esses seres bioindicadores frente aos impactos ambientais (ou estressores). Na outra ponta, como receptor (aquele que decodifica a mensagem), está a figura do cientista.

O que os cientistas analisam, seja no ambiente natural ou num laboratório, são os sinais codificados pelos seres vivos. Um parêntese para lembrar que, na Comunicação, a mensagem é organizada em um código, que por sua vez é constituído por sinais.

Um exemplo dessa comparação entre comunicação e bioindicação são as microalgas presentes na água doce, que se alimentam de nutrientes orgânicos. Quando aumenta a poluição

por esgoto, cresce também a quantidade de microalgas e de toxinas, naturalmente liberadas por elas no ambiente.

Nesse caso, as microalgas são os emissores e a mensagem que transmitem está vinculada à concentração delas no ambiente, visível a olho nu quando formam extensas manchas verdes na superfície da água. O receptor-cientista tem a chance de decodificar a mensagem in loco e ainda analisar, no laboratório de pesquisa, outros sinais como a concentração de toxina presente na amostra coletada.

Outros bioindicadores, a exemplo das ostras, fazem uso da comunicação de uma forma, digamos, invisível. Organismos filtradores, as ostras retêm nutrientes da água. Nesse processo, acabam “engolindo” também poluentes. Os de maior má fama são os metais pesados, que causam câncer.



A nossa ostra emissora não sofre com os metais pesados, mas os seres humanos, ao ingerir moluscos contaminados, acabam acumulando essas substâncias no organismo. Ao analisar amostras de ostras, o cientista que faz o monitoramento ambiental decodifica os sinais, ou seja, detecta a presença dos contaminantes.

Transpor para a comunicação os sinais enviados pela natureza aos seres humanos é um exercício curioso que, mais que a um resultado, leva a uma reflexão: teria essa “conversa” entre os seres vivos o propósito de perpetuar o bem mais coletivo de todos os bens - a natureza?

Verônica Falcão

Jornalista formada pela Universidade Federal de Pernambuco, com mais de 20 anos de experiência em jornalismo científico e ambiental



SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - O QUE SÃO E COMO AGEM OS BIOINDICADORES?	15
CAPÍTULO 2 - HALL DOS BIOINDICADORES ..	27
CAPÍTULO 3 - SINAIS BIOLÓGICOS QUE VÊM DA FLORESTA	44
CAPÍTULO 4 - BIOINDICADORES EMBAIXO DOS NOSSOS PÉS	64
CAPÍTULO 5 - O QUE OS SERES VIVOS NOS DIZEM SOBRE OS LAGOS E RIOS?	80
CAPÍTULO 6 - SENTINELAS DE PRAIAS E OCEANOS	93
CAPÍTULO 7 - A INDICAÇÃO OCULTA DOS SERES VIVOS	105
CAPÍTULO 8 - INDICADORES BIOLÓGICOS DA VIDA URBANA	117
CAPÍTULO 9 - ALÉM DO MEL: AS ABELHAS COMO BIOINDICADORES	131
CAPÍTULO 10 - CIENTISTA POR UM DIA: COMO É SER UM PESQUISADOR DE BIOINDICADORES? ..	145

CAPÍTULO 1

O QUE SÃO E COMO AGEM OS BIOINDICADORES?

©Kaio Farias



Mauro de Melo Júnior
Viviane Lúcia dos Santos Almeida de Melo
Sigrid Neumann Leitão

Capítulo 1: Quem são e como agem os bioindicadores?



Neste capítulo inicial serão discutidos os fatores gerais que interferem na bioindicação e como os cientistas conseguem interpretar os sinais que os seres vivos emitem sobre a qualidade do nosso planeta.

Antigamente, alguns mineradores de carvão no Reino Unido utilizavam canários presos em gaiolas como indicadores da qualidade do ar nas profundezas das cavernas criadas para a extração do minério. Isso acontecia porque a pequena capacidade pulmonar destas aves as tornava mais vulneráveis às pequenas concentrações de monóxido de carbono e gás metano, alertando previamente os seres humanos da situação indesejável. Este é um dos primeiros registros de uso de um animal para alguma situação ambiental desfavorável à vida humana.

O que acontece é que, como no exemplo dado, os seres vivos, de forma geral, podem indicar várias condições ambientais, já que todas as espécies toleram uma faixa limitada de condições químicas, físicas e biológicas. Assim, todos nós podemos interpretar os sinais das espécies para avaliar a qualidade do ambiente em nossa volta.



Antigamente, canários eram usados para se ter uma ideia da qualidade do ar em cavernas.

Fonte autoral.

Mas, você já ouviu falar em organismos bioindicadores? Este é um termo bastante comum em estudos de Ecologia. Os bioindicadores ou indicadores biológicos podem ser espécies, grupos de espécies ou comunidades inteiras de seres vivos capazes de indicar a qualidade do ambiente a partir de sua presença, quantidade, tamanho e peso, ou, até mesmo, sua distribuição geográfica. Eles permitem avaliar os impactos ambientais em todos os tipos de ecossistemas terrestres e aquáticos. Dentre esses impactos, que podem ser naturais (chuvas, ventos, correntes marítimas, etc.) ou não, destacam-se aqueles gerados pelo homem, os quais são chamados impactos antrópicos, a exemplo do desmatamento, uso de agrotóxicos, contaminação por agentes orgânicos, químicos, físicos ou metais pesados, gases e as mudanças climáticas. Os cientistas também chamam esses impactos de agentes estressores (naturais ou antrópicos).

Uma dúvida que pode surgir em alguns de vocês é: qualquer organismo vivo pode indicar algo para nossa interpretação? A resposta é sim! Porém, os bons bioindicadores devem ser bem conhecidos pela Ciência quanto ao ciclo de vida, classificação biológica, biologia e comportamento em relação aos fatores ecológicos, ou seja, devem possuir características de ocorrência



em diferentes condições ambientais ou serem restritos a certas áreas. Conhecê-los a fundo permite aos cientistas uma maior segurança nas interpretações biológicas. Em contrapartida, espécies com tolerâncias muito amplas aos diversos impactos são menos sensíveis às mudanças ambientais, tornando seu uso como bioindicador difícil ou mais restrito.

É importante frisar que os bioindicadores, no entanto, não se restringem apenas às espécies com tolerância ambiental particular.

Às vezes, comunidades inteiras, abrangendo várias espécies com faixas amplas de tolerâncias ambientais, podem servir como bioindicadoras. Nestes casos, elas podem representar fontes múltiplas de dados para os cientistas avaliarem a condição ambiental em uma dada região. Por exemplo, quando ocorre um desastre ambiental (derramamento de óleo, queimadas, enchentes, etc.), os cientistas recorrem a várias espécies indicadoras do impacto, já que todas elas respondem diferentemente às alterações geradas em seus habitats. Essa característica é bastante

útil para os programas de monitoramento da recuperação do ambiente após esses desastres, já que podem mostrar o sucesso, fracasso ou neutralidade das ações mitigadoras (ou atenuantes).

Após vários anos de pesquisa, os cientistas têm feito uso dos bioindi-



cadores para monitorar mudanças físicas e químicas no meio ambiente, processos ecológicos ou alterações na biodiversidade. Particularmente para esta última forma de uso, algumas espécies bioindicadoras são chaves nos ecossistemas, e qualquer alteração em suas populações pode desencadear uma série de mudanças na estrutura das teias alimentares, alterando a biodiversidade. Por isso, é bastante importante o monitoramento destas espécies bioindicadoras, de modo a manter os serviços que os ecossistemas nos oferecem diariamente.

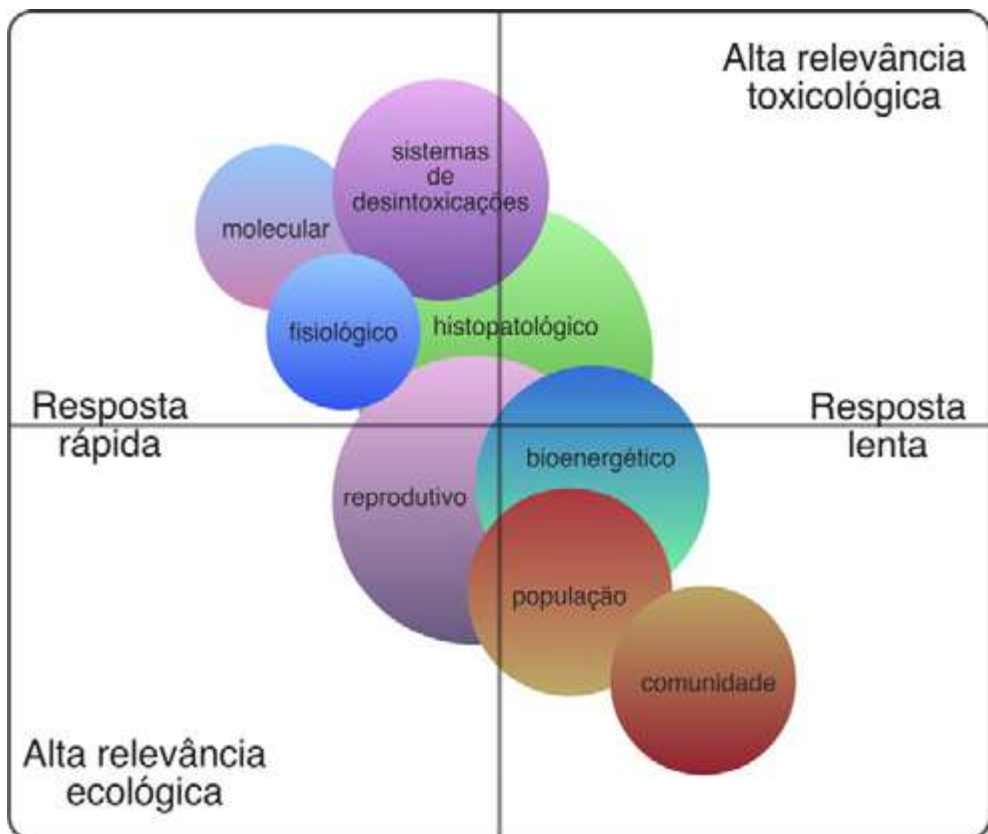
O tempo é essencial para a bioindicação

Na natureza, o tempo que um ser vivo responde a um determinado agente estressor é bem variável, e vai depender do tipo de resposta. Por exemplo, ele pode responder rapidamente em termos moleculares, celulares ou comportamentais, mas pode responder mais tardiamente em termos quantitativos populacionais (número de indivíduos, peso médio ou tamanho médio dos indivíduos, etc.) ou de distribuição geográfica.

Os cientistas observaram que diversos bioindicadores podem responder em curta escala de tempo ao se depararem com determinados agentes estressores, inclusive com a própria morte dos

indivíduos que foram submetidos a tais impactos.

Essas respostas rápidas podem ser observadas em termos de minutos, horas ou poucos dias – daí a importância de os cientistas irem rapidamente investigar um ecossistema acometido com algum impacto ambiental. Para este nível de resposta, quanto mais rápido o cientista for ao local do impacto, mais eficaz será o estudo de bioindicação.



O tempo de resposta da bioindicação em diferentes níveis biológicos. Fonte autoral (adaptado de G. Bellan, 2008).

Por outro lado, algumas respostas frente à qualidade do ambiente são observadas a longo prazo, como em escala de meses a anos. Em termos coletivos – populacionais ou de comunidades (conjuntos de indivíduos da mesma espécie ou de espécies diferentes que compartilham o local de vida), as respostas são bem mais lentas. No geral, quanto maiores forem os indivíduos de uma dada espécie, mais tardias são as respostas em termos populacionais. Dentre as respostas em nível de populações, temos, por exemplo, a oscilação na quantidade de indivíduos, que pode sofrer reduções ao longo do tempo, ou, até mesmo, incrementos no número de indivíduos, dependendo da espécie. Essa variação populacional ou na comunidade biológica é, na maior parte dos casos, reflexo das interações das espécies nas teias alimentares. A perda ou incremento de indivíduos, ocasionados pelos impactos, pode promover um efeito em cascata na teia alimentar ao longo do tempo, ocasionando mudanças no ecossistema após dias, meses ou anos. Neste caso, os cientistas precisam acompanhar as populações e comunidades biológicas por bastante tempo.

Desafios da aplicação dos bioindicadores

Quando os cientistas recorrem às espécies bioindicadoras para compreender as respostas a um dado agente estressor, eles podem enfrentar alguns desafios. As espécies bioindicadoras podem, por exemplo, ser influenciadas por outros fatores além da perturbação ou estresse ambiental (por exemplo, por doenças, interações na teia alimentar, parasitismo, competição), dificultando o entendimento por parte dos cientistas sobre os mecanismos causadores das mudanças.

Mesmo assim, o uso dos bioindicadores é preferido por boa parte dos cientistas em relação ao uso dos métodos clássicos de monitoramento ambiental (como o estudo direto dos poluentes em um rompimento de barragem, por exemplo), uma vez que muitas medições químicas e físicas apenas caracterizam as condições no momento da coleta dos dados. Por outro lado, os bioindicadores adicionam um componente temporal no estudo, correspondente ao seu tempo de vida ou ao tempo de residência deles no ecossistema alvo da pesquisa, permitindo a integração das condições ambientais atuais e passadas. Além disso, é possível prever mudanças futuras, a partir de modelos ecológicos.

Algo que traz vantagens no uso dos bioindicadores, mesmo diante dos desafios, é o fato de que muitos agentes estressores possuem concentrações extremamente baixas nos ecossistemas, dificultando e encarecendo a pesquisa. Mesmo após a identificação de um dado contaminante no ecossistema, é difícil mensurar o impacto sobre os seres vivos. Alternativamente, a faixa de tolerância dos bioindicadores pode traduzir o impacto de forma mais rápida e real, mesmo que alguns contaminantes estejam em concentrações bem baixas. Desta forma, os cientistas entendem que os próprios seres vivos são os melhores indicadores de como os ecossistemas respondem aos diversos distúrbios ambientais, sendo importantes agentes no auxílio ao monitoramento da qualidade ambiental do planeta.

Revisando com o Ciclopinho

- Os bioindicadores são seres vivos que respondem aos distúrbios e impactos ambientais;
- Os bioindicadores podem ser empregados desde o nível celular até o nível do ecossistema;

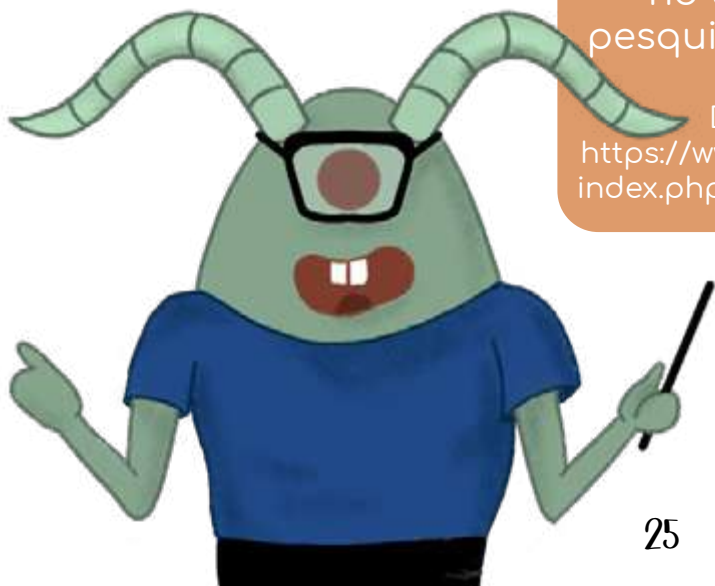
- Os bioindicadores ajudam a avaliar a saúde de um ecossistema;
- Os cientistas decifram os bioindicadores em estudos de monitoramento;
- Os seres vivos são importantes agentes para avaliação da qualidade ambiental do planeta.

Sugestão de leitura

Mais informações sobre os tipos de seres vivos bioindicadores utilizados nos dias de hoje para análise da poluição dos ecossistemas aquáticos e terrestres podem ser encontradas no trabalho de dois pesquisadores brasileiros.

Disponível no link:

<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/3258>



Lembra do canário na
mina de carvão?



©Kaio Fariás

Agora ele está livre e nunca
mais será usado como antes...

CAPÍTULO 2

HALL DOS BIOINDICADORES



©Kaio Farias

Jade Beatriz Alves da Silva
Kaio Henrique Farias da Silva
Yuri Virgilio dos Santos
Alef Jonathan da Silva

Capítulo 2: Hall dos bioindicadores



Neste capítulo vamos ver que os bioindicadores possibilitam a construção de soluções para esses impactos, principalmente quando ocasionados por ação humana. Eles podem se dividir em três tipos: bioindicadores de biodiversidade, ecológicos e os ambientais. Esses últimos, por sua vez, são subdivididos em sentinelas, detectores, exploradores, acumuladores e organismos de bioensaios. Vamos aprender mais sobre os bioindicadores?

Bioesquadrão Indicador

No ambiente, os organismos possuem a capacidade de responder às condições ambientais, mas algumas são melhores que outras para darem sinais sobre a saúde do ambiente e possibilitarem a identificação da fonte do problema.

Para facilitar a escolha dos melhores bioindicadores para cada condição ou perturbação no ambiente que se quer avaliar, foi criado o grupo dos bioindicadores ambientais, que chamaremos neste capítulo de "Bioesquadrão Indicador". Esse grupo fantástico surgiu depois dos cientistas realizarem muitos estudos sobre os bioindicadores e entenderem que os organismos podem ser classificados em tipos diferentes, baseado em como respondem a determinada perturbação no estado natural do ambiente.

O nosso "Bioesquadrão indicador" é formado por agentes especiais de cinco tipos, considerando como esses organismos candidatos podem indicar as perturbações ambientais.



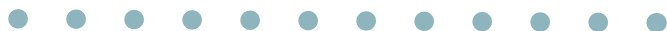
Bioesquadrão Indicador. Diversos organismos possuem os superpoderes da bioindicação, permitindo que esses identifiquem possíveis estresses ambientais. Fonte autoral.

Antes de tudo, é importante sabermos que alguns organismos são tão especiais que sinalizam de várias maneiras, o que faz com que eles possam ser enquadrados em diferentes tipos.

Considerando o tipo de poder que eles têm baseado na forma de resposta, eles são classificados em: Sentinelas, Detectores, Exploradores, Acumuladores e Organismos de Bioensaios.

Esse poder de resposta que as espécies possuem está associado a como as perturbações agem sobre elas, causando mudanças na morfologia, fisiologia, comportamento, abundância, história de vida e, às vezes, até a morte.

Vamos conhecer esse time fantástico com mais detalhes? Já vimos no capítulo anterior que os bioindicadores são organismos que fornecem respostas da saúde ambiental e também fornecem informações suficientes para identificar a fonte do problema ou agente estressor. Para facilitar a escolha do melhor tipo de indicador, eles são divididos em três categorias de acordo com suas funções no ambiente, são elas: bioindicadores ecológicos, bioindicadores da biodiversidade e bioindicadores ambientais.



- Os bioindicadores ecológicos são espécies utilizadas pelos cientistas com a finalidade de identificar os efeitos das mudanças ambientais, como as mudanças climáticas. Essas espécies são bastante sensíveis a estresses ambientais, o que resulta na possível diminuição em sua ocorrência, sendo substituídas por outras espécies. Indicadores ecológicos possuem grande interesse na conservação, uma vez que alterações ambientais podem levar ao declínio e possível desaparecimento dessas espécies.
- Os bioindicadores da biodiversidade são táxons (filos, ordens, famílias etc.) que, através da sua diversidade, são capazes de refletir medidas do quão diversos são esses táxons, por exemplo, a riqueza de espécies que determinado grupo de ser vivo apresenta.
- Bioindicadores ambientais são espécies ou um grupo de espécies que apresentam respostas a determinada perturbação no estado natural do ambiente, podendo essa resposta ser observada e quantificada, oferecendo informações sobre a situação ambiental após a perturbação. Os bioindicadores ambientais podem ser divididos em cinco tipos: Sentinelas, Detectores, Exploradores, Acumuladores e Organismos de Bioensaios.

Conhecendo o Bioesquadrão Indicador

1 - Bioindicador sentinela

Os peixes são vertebrados aquáticos bem conhecidos pela população, e possuem uma grande importância para a economia, devido a sua utilização na alimentação. Além disso, esses animais são considerados bioindicadores de qualidade dos ecossistemas aquáticos por ocupar diferentes posições na cadeia alimentar, podem transferir substâncias tóxicas do meio para os seres humanos. Eles respiram através de brânquias (o que os tornam ótimos indicadores das águas) e apresentam diferentes colorações, formas, tamanhos e hábitos alimentares.



Peixincrível

Peixincrível, o bioindicador sentinela. Os peixes apresentam várias alterações que são usadas na bioindicação da saúde ambiental, como, alterações morfológicas, fisiológicas e na taxa de mortalidade.

Fonte autoral.

Os componentes tóxicos podem penetrar nos ecossistemas aquáticos de várias formas, como o despejo de efluentes domésticos e industriais, escoamento, uso de forma inadequada e acidentalmente. As substâncias tóxicas muitas vezes não levam a morte dos peixes, mas podem afetar a estrutura e o metabolismo quando penetram nos órgãos. Devido a esse fato são chamados de bioindicadores sentinelas.

Os bioindicadores sentinelas são organismos bastante sensíveis a alterações ambientais. Esses organismos são introduzidos no ambiente, funcionando como mecanismos de alerta precoce, e são utilizados, por exemplo, para avaliar os efeitos de descarga de efluentes em ambientes aquáticos.

Os peixes podem indicar respostas dos efeitos que afetam os ecossistemas, por algumas espécies resistir quando expostas a contaminantes. Como exemplo, a espécie conhecida como traíra (*Hoplias malabaricus*), um predador de água doce, é adaptada a águas com pouca quantidade de oxigênio.

Essa característica faz com que ela seja um bom bioindicador do ambiente por sobreviver em diferentes habitats e sob alterações, especialmente indicando a persistência e a acumulação dos contaminantes na cadeia alimentar.

2 - Bioindicador detector

Andando por aí você já deve ter visto algumas manchas nas árvores, rochas ou solo, mas talvez não saiba que essas manchas são seres vivos chamados de líquens. Eles são organismos complexos e formados da associação entre um fungo e uma alga. O fato de obterem a maior parte dos nutrientes que precisam do ar, faz com que eles sejam sensíveis às toxinas presentes no ar poluído. Por possuírem essa característica especial, elas são definidas como "Bioindicadores detectores".



Líquen-Líndico

Líquen-líndico, o bioindicador detector. Os líquens apresentam elevações na sua taxa de mortalidade quando exposto a uma perturbação ambiental. Fonte autoral.

Bioindicadores detectores são espécies que ocorrem naturalmente em determinada área. Essas espécies apresentam uma resposta mensurável às alterações ambientais, como a elevação no índice de mortalidade.

Os pesquisadores perceberam que algumas espécies acabam sendo mais afetadas pela poluição que outras e essa diferença nos níveis de sensibilidade pode ser usado para avaliar os níveis de contaminação do ar. E tudo isso de forma simples, ao olhar em volta e avaliar quais espécies podem ser encontradas no local.



3 - Bioindicador explorador

Quem nunca passou perto de um rio, reservatório ou lago e viu diversas plantas cobrindo parcialmente ou totalmente sua superfície? Essas plantas são chamadas de macrófitas. Um exemplo destas plantas são as baronesas, ótimos exemplos de bioindicadores exploradores. E aí, vamos entender o porquê?

As baronesas são organismos que se desenvolvem através da presença de alguns nutrientes presentes na água, como o fósforo e o nitrogênio.



Baronífrica

Baronífrica, a bioindicadora exploradora. Quando exposta a altos níveis de nutrientes como fósforo e nitrogênio, as baronesas se desenvolvem rapidamente formando uma camada vegetal sobre a coluna d'água, indicando que aquele ambiente está sofrendo com a poluição. Fonte autoral.

Quando esses nutrientes estão em elevadas concentrações no ambiente, essas plantas se desenvolvem rapidamente, o que é conhecido como a eutrofização dos ambientes aquáticos. Descargas de efluentes domésticos como o esgoto possuem elevados níveis de fósforo, já produtos usados na agricultura como os fertilizantes apresentam elevados níveis de nitrogênio que ajudam no desenvolvimento das plantas e esses fertilizantes acabam chegando nos rios através das chuvas. As baronesas são ótimas bioindicadoras exploradoras porque quanto mais nutrientes no ambiente aquático, maior será o seu desenvolvimento, aumentando a sua população e sua ocorrência em determinado local, sendo assim, elas são grandes exploradoras dos recursos disponíveis no ambiente aquático.

A partir da elevada ocorrência de plantas aquáticas é possível identificar se aquele local

está sendo altamente impactado por poluentes, causando a eutrofização deste local e a diminuição do oxigênio disponível na água.



©Kaio Farias

4 - Bioindicador acumulador

Você já foi à praia e viu alguém degustando ostras? É bem comum esse hábito, sobretudo nas praias do Nordeste do Brasil. Mas, você sabe o superpoder que essas ostras têm? Bom, antes de contar a você que poder especial é este, vou contar quem são esses organismos.

As ostras são moluscos bivalves (conchas com duas valvas), parentes do caracol, polvo e da lula, comumente encontrados nas raízes do mangue vermelho ou em rochas, e que se alimentam por filtração. Sabemos que o manguezal nos grandes centros urbanos, como a cidade do Recife, é potencialmente propício a receber diariamente uma grande quantidade de poluentes, tais como descarga de esgoto e agrotóxicos.



Super-ostrita

Super-ostrita, a bioindicadora acumuladora.

Ao entrar em contato com poluentes, as ostras acumulam esses elementos químicos em seus tecidos, permitindo a mensuração da poluição no ambiente.

Fonte autoral.

Devido ao tipo de alimentação das ostras, elas acabam acumulando, além de alimento suspenso na água, alguns poluentes. E, com isso, acabam bioacumulando substâncias tóxicas.

Tá, mas o que é bioacumulação? Bioacumulação ocorre quando um organismo ingere/absorve determinadas substâncias e não consegue excretá-las de forma rápida e eficaz, e com isso vai acumulando cada vez mais nos seus tecidos. Essa característica acabou concedendo um superpoder às ostras, elas são capazes de bioacumular substâncias e com isso é possível saber a quantidade de poluentes que estavam disponíveis na água pelas concentrações nos seus tecidos.

Quando os pesquisadores souberam desse superpoder, eles começaram a investigar mais e mais. Os estudos apontam que quando as ostras são expostas a determinados poluentes, como metais pesados (cobre, chumbo, cádmio, zinco, etc.), acabam acumulando em seus tecidos e não conseguem excretá-los. Perigoso, não é? Então, cuidado quando for comer ostras nas praias, sobretudo quando estiverem cruas!



©Kaio Farias

5 - Organismo de bioensaio

Antes de tudo, você sabe o que é um bioensaio? Bioensaio é um experimento científico feito em laboratório que tem o objetivo de avaliar os efeitos de substâncias (tóxicas ou não) em um organismo vivo e com isso entender o que acontece na natureza. Esses organismos são capazes de identificar a presença e a concentração de poluentes e auxiliam na classificação desses poluentes em nível de toxicidade.



Super-daphnia

Super-daphnia, organismo de bioensaio. As dáfneas são amplamente utilizadas em ensaios laboratoriais, pois elas permitem avaliar as concentrações e níveis de toxicidade dos poluentes. Fonte autoral.

Dentre os organismos que funcionam bem em bioensaios, podemos citar os organismos zooplanctônicos. O zooplâncton é um grupo de animais geralmente microscópicos e heterótrofos (não produzem seu próprio alimento), e que vivem na coluna d'água sem a capacidade de nadar igual aos peixes adultos.

Esses seres são representados por diversos organismos, destacando-se como bioindicadores ambientais por serem altamente sensíveis a mudanças ambientais em um período curto, como a concentração de nutrientes pelo despejo de esgoto. Assim, podem ser um indicador da qualidade da água. Sua importância como um indicador se dá pelo fato de estar em um nível mais baixo na cadeia trófica e servir de alimento para outros seres como peixes, ou seja, caso esses organismos estejam contaminados toda a cadeia trófica vai ser afetada.



©Kaio Farias

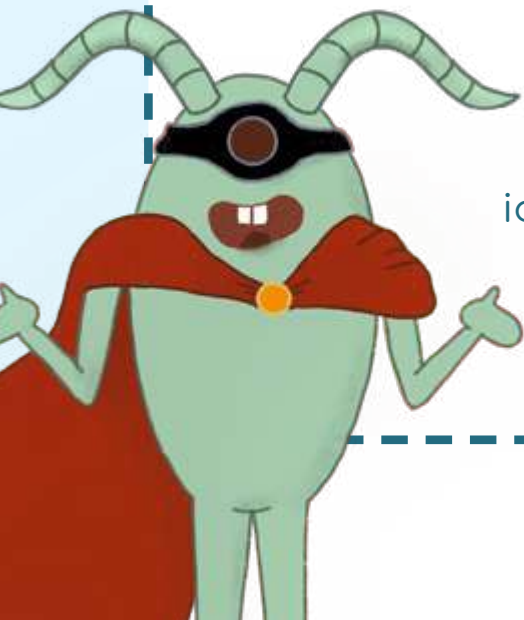
Um organismo zooplanctônico bastante utilizado nestes bioensaios pelos pesquisadores são os Cladóceros. São microcrustáceos conhecidos como "pugas-de-água" encontrados em água doce e são bastantes sensíveis a substâncias tóxicas. Com esses organismos podemos avaliar o impacto causado pelo homem sobre alguns ambientes aquáticos analisando a presença ou ausência de espécies na água.



©Kaio Farias

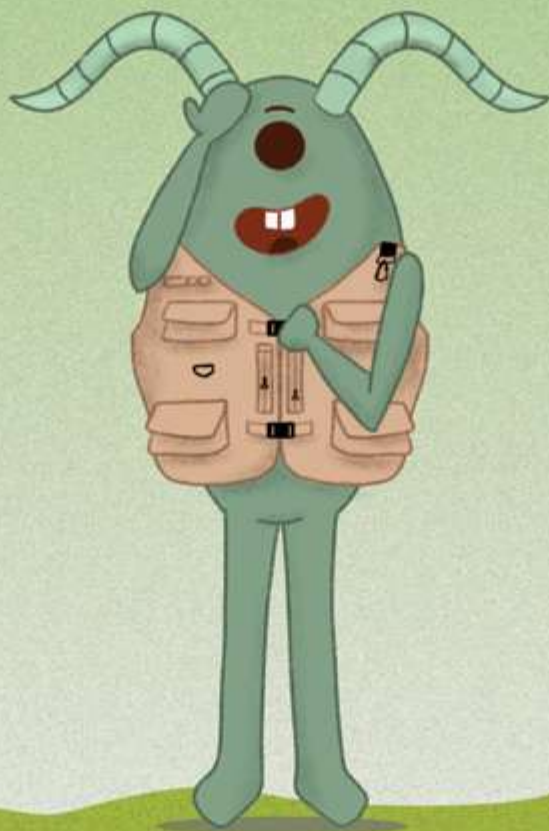
Revisando com o Ciclopinho

- Organismos Sentinelas funcionam como alerta precoce, e podem indicar respostas dos efeitos que afetam os ecossistemas;
- Organismos Detectores são bastante sensíveis e apresentam uma resposta mensurável às alterações ambientais;
- Organismos Exploradores aproveitam os recursos disponíveis para crescimento populacional, dando evidências da concentração de substâncias no ambiente;
- Organismos Acumuladores são capazes de bioacumular substâncias e fornecer informação sobre quantidade de poluentes que estavam disponíveis no ambiente;
 - Organismo de Bioensaios são capazes de identificar a presença e a concentração de poluentes, auxiliando na classificação da toxicidade.



CAPÍTULO 3

SINAIS BIOLÓGICOS QUE VÊM DA FLORESTA



©Kaio Farias

Josival Francisco Araújo
Aline de Oliveira Lira
Ana Carolina Borges Lins e Silva
Claudilvia Ferreira dos Santos

Capítulo 3: Sinais biológicos que vêm da floresta

Neste capítulo analisamos os indicadores biológicos da floresta, desde as plantas lenhosas até os besouros rola-bosta e a sua interação com os mamíferos. Aqui você irá descobrir a importância dos seres vivos que vivem na floresta e seu papel na manutenção e preservação do seu lar.



Os fantásticos seres vivos que vivem nas florestas

Você já esteve em alguma floresta? As florestas tropicais são bastante conhecidas por sua grande biodiversidade, com árvores altas e próximas, envolvidas por emaranhados de cipós, plantas trepadeiras que dão voltas e pendem nas árvores, e epífitas, plantas que vivem sobre galhos e

troncos, além de uma mega diversidade de outros seres vivos. No Brasil, encontram-se duas grandes florestas tropicais, a Floresta Amazônica e a Floresta Atlântica. Ambas são muito ricas em espécies e vêm sofrendo com diversas pressões das ações dos humanos.

A Floresta Atlântica, mais conhecida como Mata Atlântica, ocorre em 17 estados ao longo de todo litoral brasileiro, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, em uma faixa originalmente contínua. Atualmente, após cinco séculos de muita exploração e desmatamento, restam apenas entre 12,4% e 16% da floresta que existia. Muitas árvores foram retiradas dessa floresta para extração de madeira, como o pau-brasil, uma árvore ameaçada de extinção que só ocorre na Mata Atlântica. Além da exploração madeireira, o desmatamento também abriu espaço para outros usos da terra, principalmente agropecuária e urbanização. Grandes cidades cresceram onde era originalmente floresta, como São Paulo e Rio de Janeiro, grandes metrópoles nacionais. Atualmente a Mata Atlântica juntamente com o Cerrado são biomas com alta diversidade que também estão entre os mais ameaçados do planeta.

Qual a importância da Mata Atlântica? Por que é tão importante manter essa floresta em pé? Além de ser habitat ou local onde vivem milhares de espécies, muitas das quais ameaçadas, a floresta é um ecossistema em constante funcionamento.

Ao funcionar, oferece aos seres humanos diversos serviços ambientais, tais como a proteção das águas usadas no abastecimento, produção de frutos, regulação do clima, polinização, ciclagem de nutrientes, oportunidades de recreação e lazer, entre outros. Quando chove, por exemplo, parte da água se infiltra no solo da floresta e mantém as nascentes e os rios. A floresta é responsável pela proteção do solo e encostas, evitando desastres e desmoronamentos. Portanto, uma floresta em pé vale muito para o planeta e para a qualidade de vida e bem-estar dos humanos.

Dentre os animais que vivem na Mata Atlântica, destacam-se os de grande e médio porte, como a anta, cutia e várias espécies de macacos. Você sabia que a anta é o maior mamífero terrestre brasileiro? Atualmente, encontra-se ameaçada de extinção, devido à redução populacional. Esses animais são muito importantes para a floresta porque são responsáveis pela sua manutenção, pois ao se alimentarem de frutos, defecam as sementes em diferentes lugares, que irão germinar e gerar novas árvores.

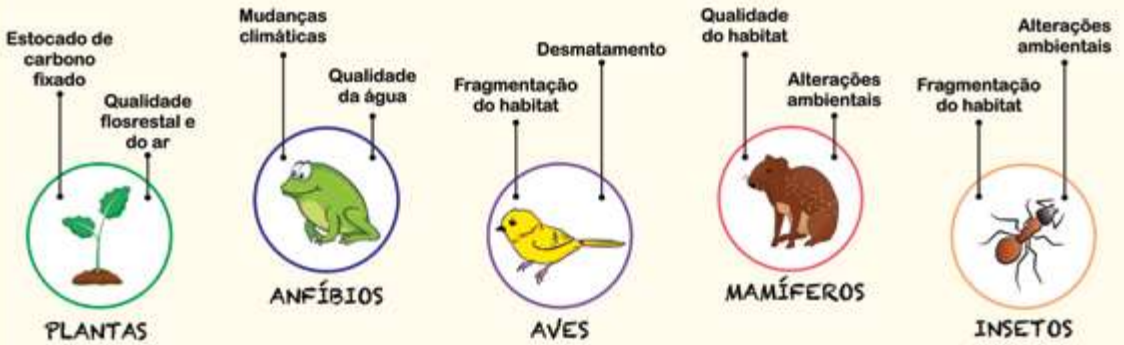
Além dos animais vertebrados, existe uma grande diversidade de animais invertebrados, como os insetos, minhocas (anelídeos), planárias terrestres (platelmintos), caramujos (gastrópodes), aranhas de diferentes formas, cores e tamanhos, entre outros.

Todos esses animais têm a sua função e importância para a manutenção da floresta e tudo que fazem está interligado como numa grande teia, de modo que quando uma perturbação atinge um animal, os outros também serão afetados.

Conhecer a Mata Atlântica é adentrar em um ecossistema que precisou de cerca de 50 milhões de anos para chegar a tal diversidade de seres vivos e fortes interligações na teia da vida. Ao mesmo tempo que surge a sensação de aventura e descobertas, surge a preocupação, por estar a Mata Atlântica bastante reduzida a pequenas porções de florestas ou fragmentos florestais, e por estarem esses fragmentos constantemente ameaçados por perturbações antrópicas diversas e constantes. São exemplos de perturbações a remoção seletiva de árvores e outras plantas por corte e coleta, e de animais pela caça, a invasão das florestas por espécies de outros locais, as chamadas espécies exóticas invasoras, a poluição dos ambientes e o aquecimento global.

No entanto, temos alguns seres vivos que podem ser importantes aliados para sinalizar os impactos dessas perturbações na estrutura e funcionamento das florestas - os bioindicadores. É sobre alguns desses seres vivos que iremos tratar neste capítulo.

O QUE OS ANIMAIS E PLANTAS DA FLORESTA INDICAM?



©Kaio Farias

Relação dos impactos em ambientes florestais e a sensibilidade de diferentes grupos de seres vivos às perturbações. Fonte autoral.

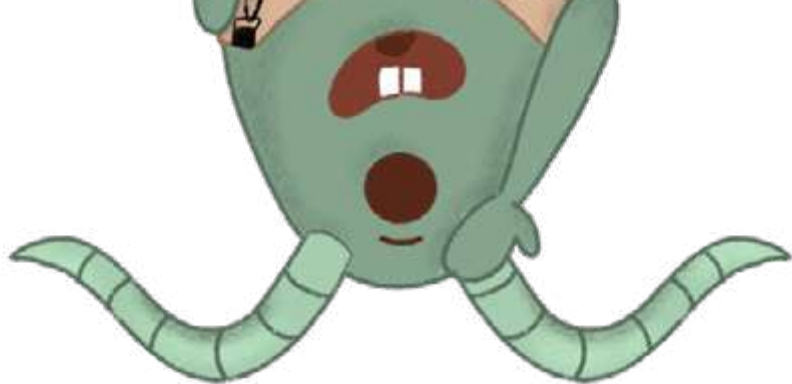
O que as plantas nos dizem sobre a conservação da floresta?

As florestas são ricas em diferentes espécies de plantas, que interagem com uma enorme diversidade de outros organismos como fungos, bactérias e animais vertebrados e invertebrados, para os quais fornece abrigo e alimento e dos quais obtêm auxílio para seu desenvolvimento e reprodução. Essa capacidade de íntima associação com outros organismos é fundamental e faz das plantas boas bioindicadoras da qualidade ambiental.

Além disso, as plantas da floresta são muito importantes para o sequestro de carbono da atmosfera e armazenamento na biomassa vegetal. O carbono é elemento essencial para a vida na terra e utilizado pelos seres vivos para a manutenção e realização de suas atividades vitais.

As plantas lenhosas, como as árvores, são utilizadas como bioindicadoras do estoque de carbono, ou carbono armazenado pelas plantas. Por meio da medição do diâmetro e altura das árvores, é possível calcular o peso da biomassa vegetal, que é a matéria viva que compõe as plantas. Uma área equivalente a um campo de futebol de floresta madura e bem desenvolvida pode estocar até 400 toneladas de biomassa. Aproximadamente metade da biomassa que as plantas estocam é carbono!

Dessa forma, uma floresta com muitas plantas lenhosas de grandes diâmetros e alturas é um forte indicativo do grau de conservação do remanescente, que não sofreu cortes recentes, pois para uma árvore desenvolver a sua biomassa são necessárias muitas décadas - as maiores árvores na Mata Atlântica têm centenas de anos! Uma floresta com árvores que têm uma maior quantidade de biomassa estocada indica também uma maior oferta de abrigo e alimentos para muitos animais, além de suporte para muitas outras plantas, resultando em uma alta biodiversidade no ecossistema.



Florestas secundárias, nome dado às matas que foram removidas e recentemente regeneradas, apresentam árvores com menor biomassa e muitas clareiras, que são aberturas nas copas das árvores. Considerando o reduzido percentual que resta e as várias ameaças à Mata Atlântica, a existência de florestas secundárias é essencial para prover habitat para a flora e fauna. É essencial também que tais florestas sejam mantidas sem perturbações para que venham a se tornar florestas maduras, com maior complexidade e alto estoque de carbono.

Outros grupos de plantas não arbóreas são excelentes indicadores de qualidade florestal, com as pteridófitas e os líquens. Pteridófitas, as conhecidas avencas e samambaias, são boas indicadores de integridade florestal e de características do solo, como nutrientes, umidade e presença de contaminantes. No Brasil, há cerca de 1400 espécies de pteridófitas, das quais 941 ocorrem na Mata Atlântica. Entre essas, algumas são exclusivas ou típicas de alguma condição específica do ambiente ou do solo, ocorrendo apenas na presença ou ausência de tal condição.

Os pesquisadores Augusto Santiago e Iva Barros, de Pernambuco, estudaram as pteridófitas do Refúgio Ecológico de Charles Darwin que fica em Igarassu (Pernambuco), e encontraram algumas espécies que só ocorreram na borda (lateral) da mata e outras só no interior em locais conservados. Comparando diferentes fragmentos do estado de Pernambuco eles observaram que fragmentos conservados tem mais espécies de pteridófitas do que fragmentos secundários.



Comparação entre floresta conservada (esquerda) e degradada (direita). Note que o trecho conservado apresenta uma maior diversidade de flora e fauna. Fonte autoral.

Já os líquens são organismos formados pela associação de um fungo com uma alga formando uma unidade autossuficiente. Como esta unidade absorve compostos da atmosfera, os líquens são excelentes bioindicadores da qualidade dos ambientes. Há mais de 2800 espécies descritas de líquens no Brasil. Pesquisas mostram que o número de espécies diminui em locais com muita poluição do ar, como perto de rodovias ou áreas urbanas. Por este motivo, os líquens são frequentemente utilizados e recomendados para monitorar a qualidade do ar.

Por que o desaparecimento dos mamíferos pode afetar nossa vida?

Os mamíferos são alguns dos animais mais atingidos pela destruição dos ambientes florestais e podem ser utilizados como bons bioindicadores por responderem rapidamente às mudanças ambientais. Como exemplo, temos os mamíferos de médio e grande porte, como os macacos, a anta e a onça pintada. Essas espécies habitam ambientes florestados e dependem de áreas naturais maiores e bem conservadas para sobreviver, locomover-se e encontrar alimento. Esses animais

são também muito importantes, pois contribuem para a existência e sobrevivência de muitas espécies vegetais e animais, sendo responsáveis por várias funções no habitat.

A extinção dos macacos e das antas, por exemplo, resultaria no empobrecimento do número de árvores de grande porte, pois esses animais se alimentam de frutos e sementes e, portanto, são dispersores de sementes de grandes árvores. Além disso, antas e macacos são fontes de alimento para outros animais

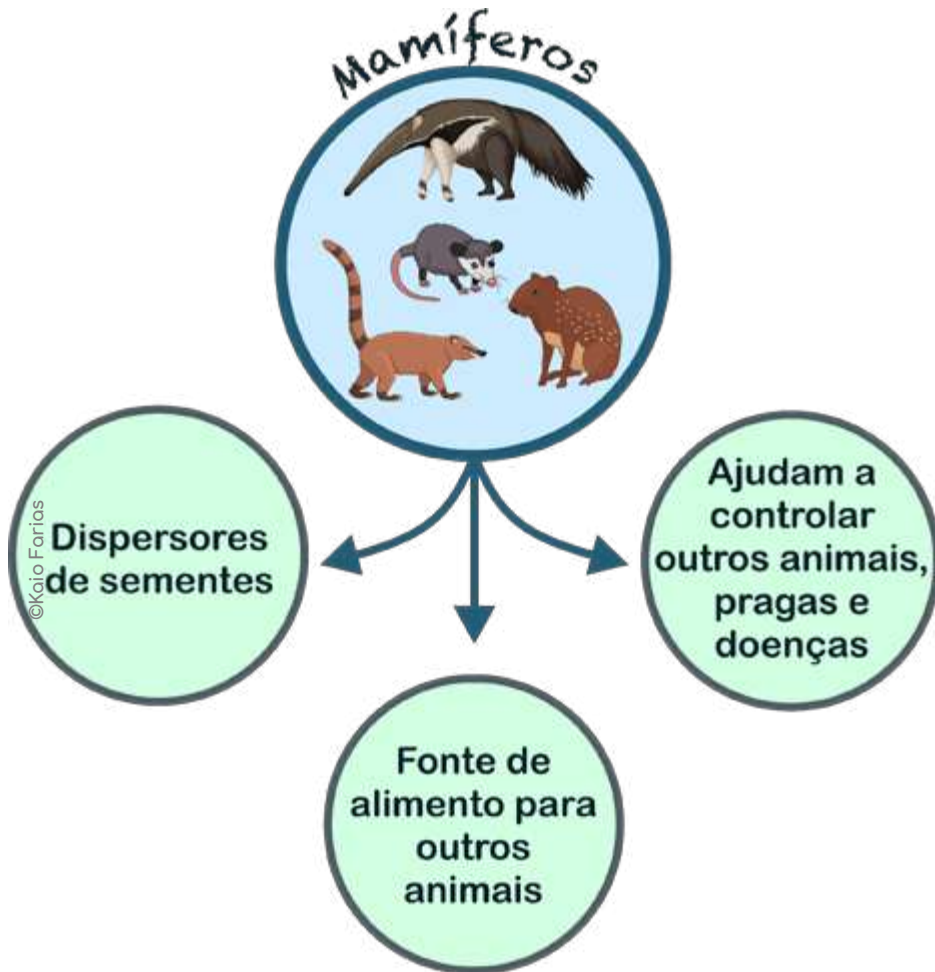
como os grandes felinos (onça pintada e onça parda), ou seja, a extinção desses animais também diminuiria a oferta de alimento no ambiente para os grandes felinos.

Por outro lado, a extinção da onça-pintada, pode resultar em um desequilíbrio no ecossistema, pois esses animais são importantes para a regulação do tamanho das populações de suas presas como, por exemplo, capivaras, catetos e jacarés. Isso significa que, se a onça pintada estiver bem, outras espécies estarão bem também.

Será que os invertebrados têm algo a indicar?

Os invertebrados formam um grupo megadiverso, isto é, um grupo com muitas espécies que surgiram no decorrer de milhões de

anos de evolução. Eles ocuparam o ambiente terrestre, aquático e até aéreo, como no caso das borboletas, abelhas e libélulas. Os invertebrados terrestres que vivem na floresta são facilmente encontrados.



Importância de alguns mamíferos de médio e grande porte em ambientes florestais. Fonte autoral.

Ao levantar um tronco de árvore em decomposição, será possível encontrar uma grande diversidade de vida, como formigas, cupins, besouros, aranhas de diferentes tamanhos, planárias, onicóforos, minhocas, pseudoescorpiões, escorpiões, entre outros. Isso em um tronco, mas é possível também encontrar muitos invertebrados em diferentes ambientes dentro da floresta. Esses animais são excelentes bioindicadores por serem fáceis de estudar, além de serem sensíveis à destruição do habitat. Vamos conhecer alguns desses invertebrados?

Quem nunca viu um caracol no quintal? Quem são os moluscos e o que eles podem indicar? Os moluscos formam um grupo com cerca de 80 mil espécies. Destas, no Brasil temos cerca de 3160 registradas. Muitas espécies de caracóis e lesmas vivem no interior da floresta e são extremamente sensíveis a mudanças na temperatura e umidade, ocasionadas pelo desmatamento. Em lugares mais conservados, é possível encontrar espécies que não ocorrem em lugares degradados. Esse grupo é um excelente indicador da qualidade do ambiente.

Você já viu alguma aranha no seu quintal ou na sua casa? O que você acha que elas têm a nos indicar quanto ao ambiente?

As aranhas são um dos grupos de invertebrados facilmente encontrados em ambientes terrestres. No entanto, aranhas também podem ocorrer em ambientes de água doce e entre marés. Existem mais de 45 mil espécies de aranhas, das quais 3145 são registradas no Brasil. As aranhas são bastantes sensíveis a mudanças na estrutura da vegetação, visto que florestas mo-

dificadas tendem a ter uma menor diversidade de aranhas e uma dominância de poucas espécies que se favorecem da vegetação do ambiente degradado. É um importante grupo que pode ser utilizado para monitoramento da regeneração da vegetação em ambientes degradados.



Dentre os invertebrados, os insetos são os mais diversos e formam um grupo modelo para estudos da bioindicação na Mata Atlântica. Diversos estudos são realizados com formigas, cupins, besouros e borboletas frugívoras, que são aquelas que se alimentam de frutos fermentados e animais em decomposição. Esses estudos comparam a diversidade desses grupos em áreas de floresta conservada e degradada. Por exemplo, pesquisadores de diversas instituições se juntaram para analisar se o crescimento das cidades afeta a diversidade de besouros rola-bosta.

Estudando diversos fragmentos de Mata Atlântica na Paraíba eles viram que o processo de crescimento das cidades, chamado de urbanização, afeta negativamente os besouros rola-bostas. São grupos sensíveis à destruição e perturbação da floresta e indicam essa ação com a diminuição da quantidade de espécies e de indivíduos nas áreas perturbadas.

O que é efeito cascata? O exemplo do co-declínio dos besouros rola-bostas e mamíferos

Todo animal defeca e esse recurso pode ser explorado como alimentação por outros animais, e este é o caso das fezes dos mamíferos de médio e grande porte. As fezes desses animais são um recurso muito explorado por um grupo de besouros conhecidos como rola-bosta. Algumas espécies desses animais fazem bolas de fezes e as rolam no interior da floresta, utilizando essas fezes para a alimentação e para depósito de seus ovos. Esta bola de fezes é levada para um local distante onde é enterrada pelo casal de besouros. A fêmea então coloca o ovo em seu interior, do qual nascerá a larva que se alimentará das fezes garantidas pelos pais.

Mas, o que esses besouros podem nos indicar?

Uma porção de fezes de um mamífero pode ser visitada por várias espécies de besouros rola-bosta. Como os mamíferos de grande e médio porte estão diminuindo dentro das florestas, isso gera uma diminuição de fezes no interior da mata, ocasionando assim uma redução na quantidade de espécies e indivíduos de besouros rola-bostas, que dependem diretamente desses mamíferos. Chamamos isso de efeito cascata, no qual o efeito do desmatamento vai afetar os mamíferos, o que afeta a quantidade de fezes disponíveis, prejudicando as atividades dos besouros rola-bostas.

Em um estudo da equipe de pesquisadores comandada pelo Juliano Bogoni da Universidade de São Paulo, foi analisado se as espécies de mamíferos podem exercer alguma influência sobre as espécies de besouros rola-bostas da Mata Atlântica. E eles descobriram que as espécies de besouros rola-bostas dependem dos mamíferos. Portanto, estudando esses besouros é possível saber se a situação da floresta e dos mamíferos são graves, pois os fragmentos degradados terão menos indivíduos e espécies de besouros rola-bostas porque têm menos indivíduos de mamíferos. Sem comida os besouros não conseguem se alimentar e reproduzir como nos fragmentos conservados com muita oferta de fezes.

Além disso, os besouros rola-bosta quando rolam bolas de fezes também levam as sementes de plantas contidas nas fezes, gerando um serviço de dispersão secundária de sementes. Sendo assim, a diminuição desses besouros acaba afetando toda a manutenção e regeneração da floresta. Portanto, esse é um excelente grupo de indicadores de perturbação em ambiente florestal. Conheça um pouco mais sobre os besouros rola-bostas no infográfico sobre a diversidade de besouros rola-bosta e as interações com outros animais da Mata Atlântica, contido no final deste capítulo.



Você conhece algum animal desses?

Rolando a bosta pela Mata Atlântica

Você conhece a Mata Atlântica?

É a Floresta tropical que cobre todo o litoral brasileiro e encontra-se extremamente ameaçada pela urbanização e exploração em todo o litoral. Atualmente perdemos 93% da área da nossa floresta.

Você conhece a biodiversidade da Mata Atlântica?

Nosso bioma é rico em flora e fauna, pois apresenta muitas espécies nativas e ameaçadas pela perda do seu território. A Mata Atlântica é uma das maiores biodiversidades do planeta.

Qual o grupo mais diversos dos animais?

Coleoptera (besouros) é a maior ordem entre a fauna mundial representando 30% dos animais e 40% dos insetos. Apresentando uma grande diversidade de cores, formas e hábitos alimentares.

Besouros rolam bosta?

Dentre os coleópteros, os besouros rola-bostas (Scarabaeinae) são conhecidos por rolar e enterrar bolas de fezes para alimentação e reprodução. Estão presentes em todos os biomas do Brasil, em especial na Mata Atlântica que apresenta uma rica diversidade desses besouros.

Você conhece a restinga?

A restinga é uma divisão litorânea da Mata Atlântica que vai da vegetação rasteira na beira da praia até árvores de grande porte. A principal característica dessa região é o solo arenoso. Atualmente, encontra-se extremamente ameaçada por causa de turismo que impulsiona a criação de hotéis em área de floresta.

Besouros vs embuás: Uma luta pela sobrevivência

Você já imaginou besouros predando embuás no centro da Mata Atlântica? Representantes de um grupo específico de rola-bostas são predadores de embuás. Essas espécies são atraídas pelo odor liberado pelo embua ferido. Uma espécie que apresenta esse comportamento e que ocorre na nossa Mata Atlântica é *Deltotilum alpercata*.

Você sabia?

Neste ambiente ocorre o rola-bosta *Dichotomius schiffleri*, comum nesta floresta de solo arenoso. Esse besouro está na Lista Vermelha das espécies ameaçadas de extinção.

Cocô!

As fezes são resultado da digestão dos animais, que são lançadas no ambiente. Portanto, constituem um poderoso recurso nutritivo.

Canthon staigi



O solo da Mata Atlântica é argiloso.

Coprophanæus ensifer



Nem todos os besouros rola-bostas comem cocô

Alguns representantes alimentam-se de carniça de animais tanto fresca como em decomposição. Registros foram feitos desse grupo alimentando-se de carniça de cobras, mamíferos, anfíbios, répteis e até mesmo pequenos invertebrados mortos.

Ateuchus sp.



Besouros nos formigueiros?

Alguns rola-bostas vivem associados às panelas de lixo nos formigueiros de saúvas em Mata Atlântica e sua biologia é pouco conhecida. Para encontrar essas espécies deve-se cavar o formigueiro e buscar pelas câmaras de lixo.

Fique atento!

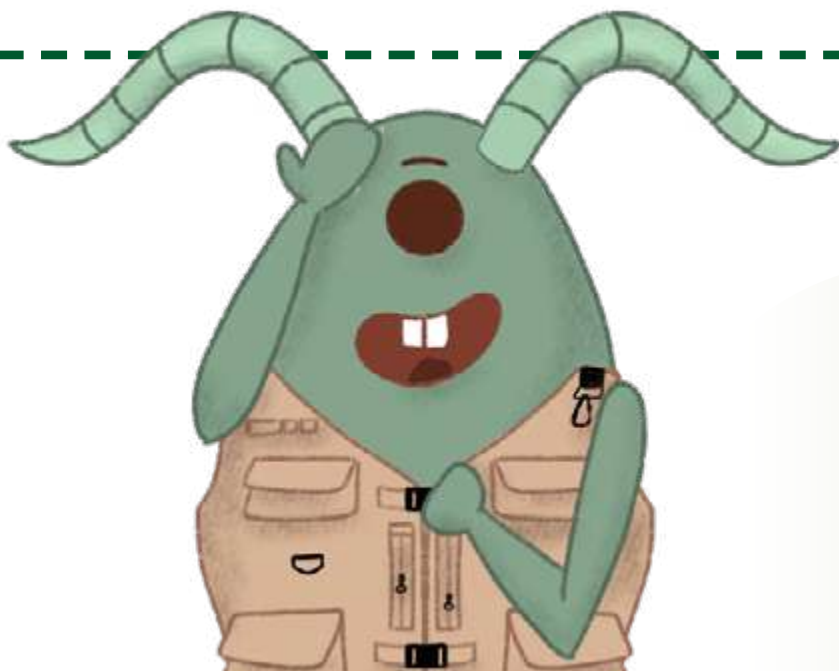
Os besouros rola-bosta realizam um serviço importante para a estruturação da Mata Atlântica, como a remoção de fezes e carniça e adição de nutrientes no solo favorecendo a vegetação.

Infográfico sobre a diversidade de besouros rola-bosta e as interações com outros animais da Mata Atlântica. Fonte: <http://www.portal.zoo.bio.br/media457>

Infográfico sobre a diversidade de besouros rola-bosta e as interações com outros animais da Mata Atlântica. Fonte: <http://www.portal.zoo.bio.br/media457>

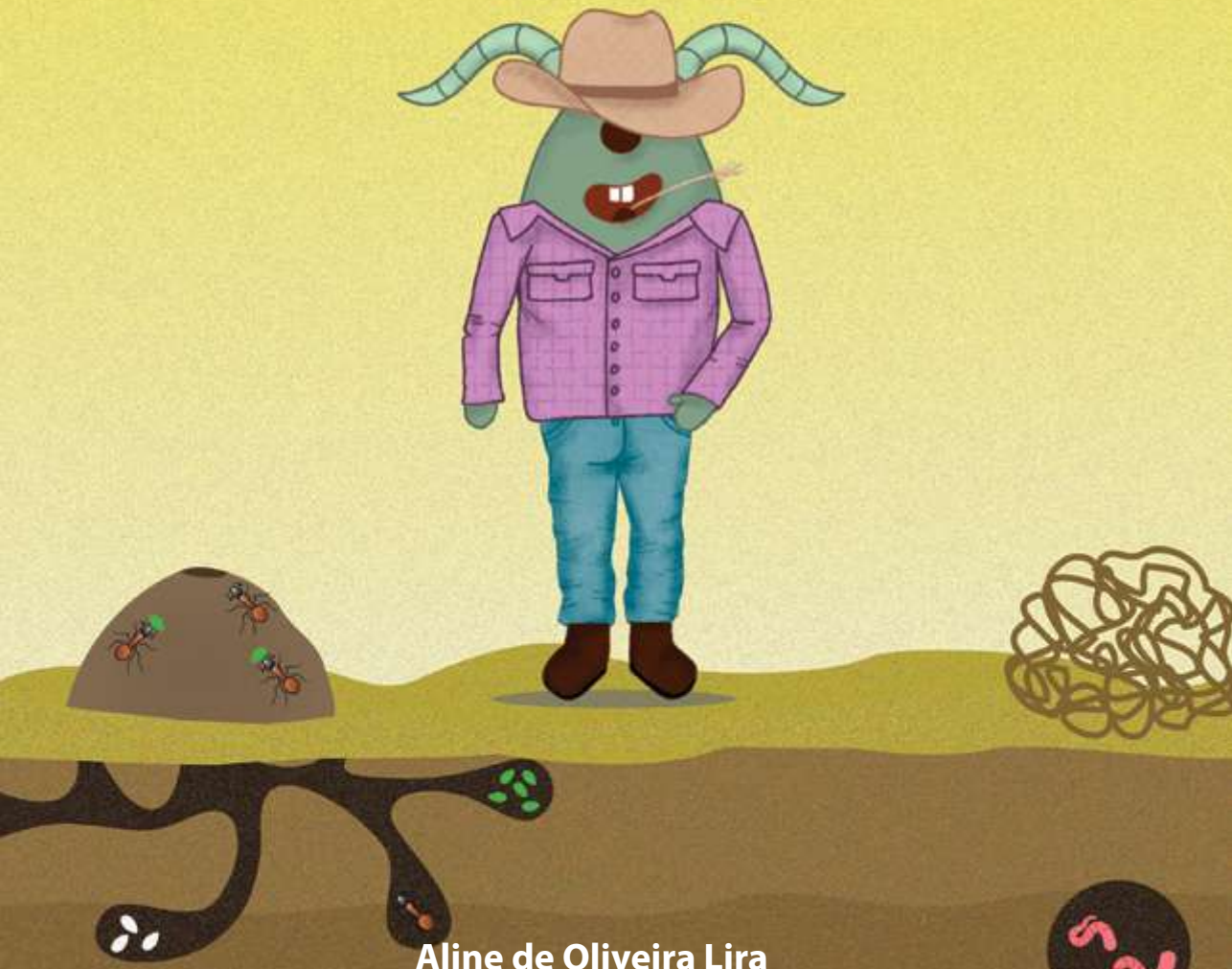
Revisando com o Ciclopinho

- Florestas com árvores lenhosas com grande biomassa e diâmetro são florestas com maior estoque de carbono e mais conservadas;
- Florestas mais recentes ou secundárias e florestas pequenas abrigam poucos mamíferos de médio e grande porte e têm seu funcionamento comprometido;
- Os insetos são um grupo modelo para bioindicação de ambientes florestais;
- Ao atingir uma espécie, todas as outras espécies da teia alimentar serão atingidas no efeito em cascata.



CAPÍTULO 4

BIOINDICADORES EMBAIXO DOS NOSSOS PÉS



Aline de Oliveira Lira
Josival Francisco Araújo
Daniel Moura Silva
Lilianne dos Santos Maia Bruz

Capítulo 4: Bioindicadores embaixo dos nossos pés

O solo é fundamental para a vida. Em diferentes solos podemos encontrar uma diversidade de invertebrados que variam em quantidade de indivíduos e de espécies, responsáveis por diferentes funções. Neste capítulo, você vai saber quem são esses organismos e qual o seu papel como indicadores da qualidade do solo. Vem com a gente conhecer o trabalho desses indicadores quase invisíveis!



Existe vida no solo?

O solo é a camada superficial da Terra, onde estão inseridas as florestas, as plantações, e é onde construímos nossas casas, andamos e vivemos. As transformações que ocorreram nas rochas durante um longo período de tempo foram responsáveis pela formação do solo e sua composição química, física e biológica, que sustentam uma variedade de organismos.

Acima do solo existe uma camada de material vivo e material morto em diferentes estágios de decomposição, como folhas e pedaços de plantas, pequenos animais, além de microrganismos. Todo esse material faz parte do que chamamos de serapilheira ou folhiço. Apesar de não ser considerado solo, esse material é muito importante para sua formação e para a vida dos organismos que nele vivem. Sem a serapilheira o solo se torna pobre, sofre com erosões, falta de nutrientes, que prejudica a vida dos seus moradores.

Quando falamos dos organismos que vivem nos solos, pensamos em bactérias, fungos, protozoários e pequenos animais, mas aqui neste capítulo vamos tratar de um grupo específico de animais que contribuem muito para os processos de decomposição e de transformação de nutrientes, que são os invertebrados. Os invertebrados são diversos e tem uma grande capacidade de reprodução e colonização, além de serem sensíveis a pequenas mudanças ambientais, por isso são considerados bons indicadores da qualidade do solo e de sua degradação.

A diversidade de invertebrados no solo e a quantidade de indivíduos que nele vivem é muito grande. Em um metro quadrado de solo podemos encontrar centenas de milhares de invertebrados. Essa fauna do solo ou também chamada fauna

edáfica é comumente separada pelo tamanho dos animais. Em relação ao tamanho temos a microfauna, composta por organismos muito pequenos, menores que 0,2 milímetro, principais responsáveis pela reciclagem de nutrientes.

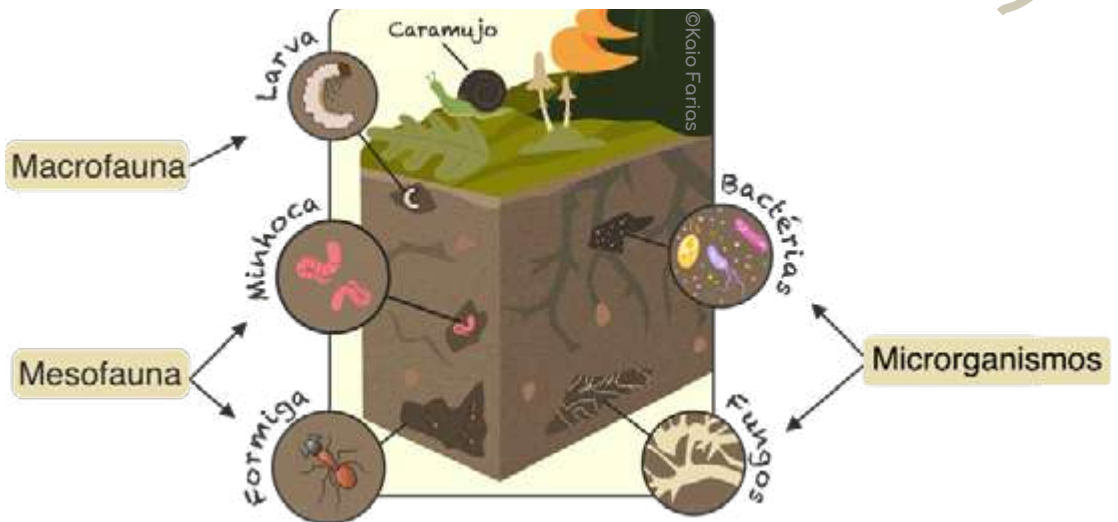
Os nematóides (parentes das lombrigas) são invertebrados da microfauna presentes em maior número, mas outros pequenos animais como o tardígrados, conhecidos como ursos-d'água, e também os rotíferos são abundantes. A microfauna costuma interagir com outros microrganismos presentes no solo, como fungos, bactérias e protozoários. A mesofauna é composta por animais um pouco maiores que chegam a dois milímetros, como ácaros, minhocas e alguns insetos, que se movimentam ativamente, formando pequenos poros, se alimentam de microrganismos e de outros materiais, são animais muito importantes na decomposição de matéria orgânica.

Já a macrofauna corresponde aos invertebrados do solo de maior tamanho, medem mais de dois milímetros, como aranhas, larvas de insetos e insetos maiores como besouros, e são responsáveis pela estrutura do solo, ou seja, sua movimentação no interior do solo quebra as partículas grandes em partículas menores e abrem espaços que são preenchidos por ar ou água, elementos essenciais para a manutenção desse ambiente. Além da estruturação do solo, os invertebrados da macrofauna são responsáveis por



movimentar as partículas de matéria orgânica em seu interior, e pela decomposição da serrapilheira.

A fauna edáfica pode ser utilizada para monitorar as mudanças ambientais do solo, como por exemplo a variação da diversidade de toda a comunidade que ali habita, a presença de produtos contaminantes, as mudanças na temperatura do solo ao longo dos anos, além de outros fatores que seriam difíceis de medir.



Exemplos de grupos da fauna de um solo natural, de acordo com as escalas de tamanho. Fonte autoral.

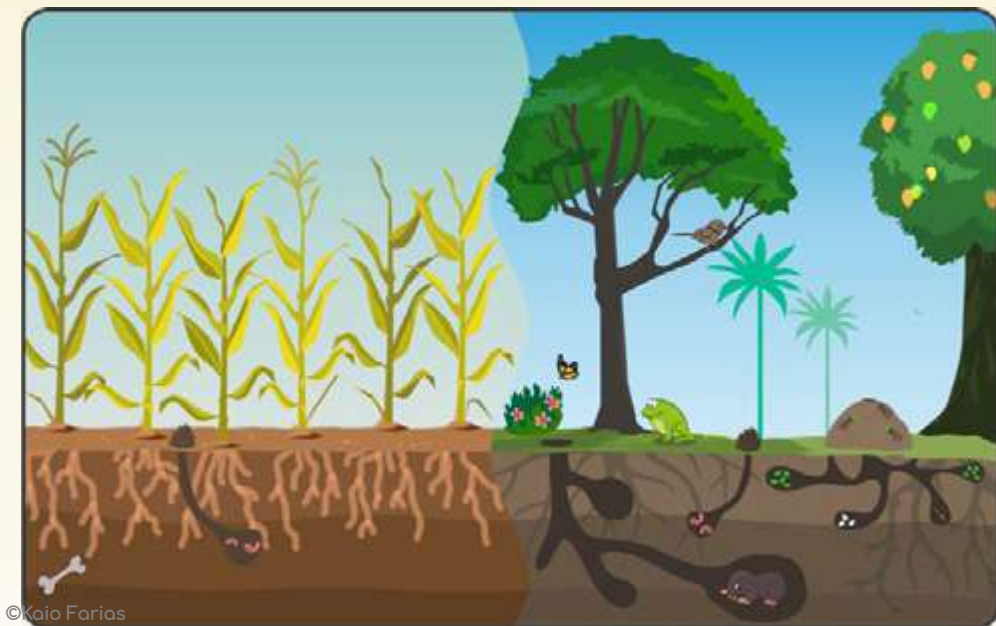
Todas essas respostas podem ser usadas para tomar decisões para a conservação dos solos das florestas e para evitar que os problemas de contaminantes nos solos urbanos e agrícolas se agravem. Então vem com a gente conhecer um pouco mais sobre o papel e a importância dos bioindicadores que estão embaixo dos nossos pés!

Os bioindicadores do solo das florestas tropicais

Quando falamos de florestas pensamos logo numa imensidão de área coberta por milhares de árvores, mas precisamos lembrar que existem florestas menores, inseridas em regiões urbanas, são os chamados fragmentos de floresta. Nesses ambientes naturais recortados, a diversidade de espécies se apresenta diferente das florestas gigantes que vem na nossa mente, e claro as espécies bioindicadoras nos solos dos fragmentos são diferentes e podem indicar outras situações, como por exemplo o impacto da urbanização ao redor.

Os solos florestais oferecem condições apropriadas para a colonização e o desenvolvimento da fauna edáfica devido à decomposição da serapilheira. Nas florestas, inúmeros grupos de artrópodes de solo são considerados importantes,

como por exemplo, os besouros, que fragmentam o material vegetal em pequenas frações, acelerando o processo de decomposição. O grupo de pesquisa da Universidade de São Paulo liderado pela pesquisadora Natalia Patucci dá exemplo de dois grupos de besouros que são bons indicadores ambientais por serem altamente sensíveis às mudanças ambientais, são os besouros rola-bosta, que você conheceu no capítulo 3, e os besouros estafilínídeos.



Diversidade de invertebrados no solo de dois ambientes distintos. Fonte autoral.

Os ácaros de vida livre são abundantes no solo, principalmente em ambientes florestais, onde existem bastante húmus e plantas diversificadas. As

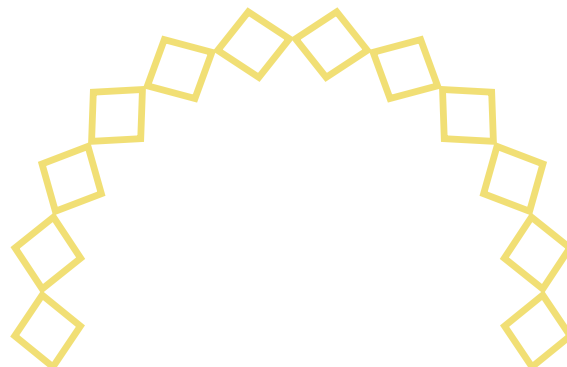
formigas têm capacidade de sobreviver em ambientes diversos, suportando alterações do clima e perturbações, atuando na manutenção da qualidade do solo. As minhocas, formigas e cupins também têm sido considerados engenheiros do ecossistema, por modificarem a estrutura do solo, produzindo ninhos, galerias e auxiliando a formação de pequenos agregados de solo.

Os dípteros (moscas e mosquitos) são considerados bons bioindicadores por serem de rápida colonização e participarem ativamente na decomposição.

As aranhas são um grupo importante da macrofauna, sendo boas indicadoras do grau de intervenção do homem no ambiente e das mudanças climáticas. A diversidade e

o tipo de plantas presentes em solos de florestas podem influenciar na comunidade de aranhas presentes no local, logo fragmentos de florestas irão conter diferentes espécies de aranha comparadas com grandes florestas.

Podemos perceber que a fauna edáfica oferece diversos serviços ao ecossistema. Por isso é importante compreender o papel de cada organismo no solo, e assim considerar realizar boas estratégias de manejo e conservação dessas espécies para manter uma adequada utilização e extração dos diversos recursos das florestas, que refletem em benefícios para o homem.



A fauna edáfica e a qualidade do solo agrícola

Sabemos que muitos organismos do solo são indicadores de situações específicas relacionadas à qualidade deste ambiente. Mas será que a ausência de determinadas espécies ou a diminuição e aumento da sua quantidade no solo podem indicar alguma situação específica?

A resposta é sim! É muito comum em estudos de monitoramento utilizarmos informações de levantamentos da riqueza (número de espécies diferentes) e abundância (número de organismos de uma mesma espécie) de determinados invertebrados, em diferentes ambientes, para sabermos se o local sofreu algum impacto ou se houve recuperação. Além disso, podemos comparar a qualidade de diferentes solos, como os que passaram por alguma atividade humana, como solos agrícolas ou solos naturais modificados. Podemos dizer, então, que a composição geral dos organismos presentes no solo e a sua abundância são indicadores da biodiversidade do solo e da intensidade das atividades biológicas realizadas por esses organismos.

Comparando diferentes sistemas de produção agrícola, podemos observar que em sistemas de cultivo que se assemelham ao sistema natural, como florestas, a diversidade de organismos edáficos é significativamente maior, assim como um maior número de atividades biológicas são desenvolvidas. Ou seja, plantios contendo maior variedade de espécies de plantas, onde não existe preparo intensivo do solo com uso de máquinas e aplicação de produtos químicos, apresentam solos mais férteis e com maior colonização pela fauna edáfica, justamente pelo aumento da



qualidade nutricional dos resíduos presentes e pela atividade microbológica, possibilitando que diferentes espécies de invertebrados colonizem esse ambiente. Sistemas agressivos de plantio, dominados por uma única espécie de planta cultivada e com uso intensivo de produtos químicos impactam a diversidade e a abundância dos invertebrados do solo, pois muitas espécies são sensíveis às mudanças químicas, e a pouca diversidade de resíduo para alimentação da fauna edáfica, assim como locais para abrigo se tornam muito escassos.

A ausência ou presença de determinadas espécies no solo agrícola em relação às espécies presentes em solo natural indica além do tipo de ambiente, composição da vegetação, atividades que são realizadas naquele solo e como essas transformações podem impactar a atividade dos organismos ali presentes.

A doutora Maria Elizabeth Correia, em seu trabalho sobre o uso de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas, diz que em florestas naturais e plantios com grande diversidade de plantas é comum encontrarmos insetos sociais como formigas e cupins, sendo os principais organismos da macrofauna. Isso ocorre devido a grande quantidade de serrapilheira

que é a principal fonte de matéria orgânica nesses ambientes, e local de colonização desses animais. Ambientes em que as gramíneas são o principal tipo de vegetação, como nas pastagens, em que a fonte de matéria orgânica se encontra nas raízes, as minhocas são mais comuns de serem encontradas.

A quantidade de colêmbolos, que são pequenos invertebrados saltitantes, parentes dos insetos, é utilizada para avaliar a contaminação por produtos químicos utilizados na agricultura.



Em solos contaminados por determinados pesticidas é comum encontrarmos esse tipo de invertebrado pois eles são resistentes à contaminação. A presença de produtos tóxicos, como metais pesados, elimina outras espécies do solo, como os predadores dos colêmbolos, por serem sensíveis ao composto, então eles ficam livres para se multiplicarem no ambiente sem serem comidos. Esse é um exemplo de que o aumento da quantidade de um determinado organismo no ambiente é um indicador importante da qualidade e contaminação do solo.

Os bioindicadores do solo das cidades

Se conhece pouco sobre o impacto das atividades humanas na fauna do solo, assim como a atuação dos bioindicadores do solo em área urbana. Os solos das cidades são geralmente contaminados pelo depósito de lixo em lugares e de forma inapropriada, pela poluição por resíduos de esgoto, liberação de poluentes, como metais pesados, por indústrias, chuvas ácidas, dentre outros.

A diversidade e abundância dos invertebrados do solo diminui em locais contaminados, e podem ser observadas espécies particulares que se tornam tolerantes à poluição, substituindo aquelas espécies sensíveis a esta condição.

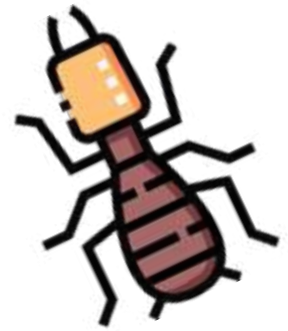


Os diplópodes, conhecidos como embuás ou piolhos-de-cobra, são animais abundantes em solos contaminados com metais. As formigas são sensíveis a contaminação por metais e pela acidez do solo, sendo mais abundantes em solos poluídos e ausentes em solos muito ácidos, logo são também consideradas tolerantes à contaminação e à urbanização. Outro grupo de insetos tolerantes à contaminação por terem a capacidade de acumular metais no corpo são os cupins.

Em situações de contaminação local, como despejo de determinado poluente no solo, os invertebrados menos móveis são mais eficientes na indicação da contaminação, como minhocas, algumas larvas de besouros e de moscas, cupins e diplópodes.

Por outro lado, podemos perceber ambientes urbanos menos impactados, observando, por exemplo, a presença de organismos em solos de praças arborizadas, jardins urbanos e domésticos.

Nestes ambientes podemos observar minhocas, larvas de diferentes insetos, tatuzinhos-de-jardim, cupins, formigas, caramujos nativos, evidenciando uma diversidade de atividades biológicas nesses solos através da decomposição de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, descompactação, etc.



Os invertebrados estão presentes em todo tipo de solo, mas dependendo de cada condição do ambiente, seja ele natural, urbano ou agrícola, percebermos as variações na composição desses organismos, assim como as funções ecológicas desempenhadas por cada um deles. Apesar de estarem praticamente escondidos, você pode perceber neste capítulo a importância da existência desse mundo que vive embaixo dos nossos pés e como esses animais podem indicar a qualidade do ambiente como um todo.

No quadro a seguir você pode encontrar um resumo dos bioindicadores citados neste capítulo, bem como outros exemplos de bioindicadores do solo. Aproveite para relembrar as ideias principais do capítulo com o Ciclopinho.



Exemplos de invertebrados do solo.

Ambiente	Bioindicador	Função/Indicação
Solo urbano	aranhas	predadoras/mudanças climáticas
	tatuzinhos	decompositores/contaminação
	minhocas	decompositores/qualidade do solo
Solo agrícola	minhocas	produtoras de húmus/acumuladoras de metais pesados
	besouros	decompositores/mudanças ambientais
	formigas	engenheiras/antropização
	colêmbolos	detritívoros/contaminação e fertilidade do solo
	ácaros	detritívoros/fertilidade do solo
Solo de floresta	besouros	decompositores/presença de metais pesados
	cupins	ciclagem de nutrientes/contaminação
	embuás	engenheiros/contaminação
	ácaros	predadores/diversidade da fauna

Revisando com o Ciclopinho

- Os invertebrados do solo são excelentes bioindicadores por serem diversos e sensíveis a pequenas mudanças ambientais;
- O solo de pequenos fragmentos de florestas apresenta diferentes espécies bioindicadoras comparado a grandes florestas;
- A ausência e o aumento de determinados invertebrados no solo podem indicar perturbações ambientais;
- A diversidade de invertebrados edáficos é menor em solos cultivados em comparação a solos naturais;
- Poluentes liberados nos solos urbanos causam desequilíbrio ambiental por matar os predadores de pequenos invertebrados, facilitando sua proliferação.



CAPÍTULO 5

O QUE OS SERES VIVOS NOS DIZEM SOBRE OS LAGOS E RIOS?



©Kaio Farias

Josefa Luana de Aguiar Silva
Elizângela Alves dos Santos
Viviane Lúcia dos Santos Almeida de Melo

Capítulo 5: O que os seres vivos nos dizem sobre os lagos e rios?

Neste capítulo, iremos abordar como alguns grupos de seres vivos reagem às mudanças que afetam ecossistemas aquáticos como rios e lagos, ambientes de grande importância para a humanidade e todas as formas de vida que dependem deles. Os bioindicadores quase invisíveis!



Explorados e degradados, rios e lagos mandam mensageiros para avisar dos problemas dessa perturbação

Os rios e lagos fornecem um elemento essencial à existência da vida na Terra: a água. Por este motivo, esses ecossistemas são de extrema importância ambiental, social e econômica para a sociedade de uma forma geral.

O Brasil é o país com maior disponibilidade de água doce do mundo: cerca de 12% desta parcela de água está em território brasileiro.

Os ecossistemas aquáticos abrangem ambientes diversos como lagos, lagoas, poças, cachoeiras, rios, riachos, reservatórios (grandes represas), brejos e áreas alagadiças. Rios e lagos, por exemplo, são de grande importância para o desenvolvimento da sociedade, pois fornecem água para o abastecimento humano e animal, pescado, geram parte da produção de energia elétrica, fornecem água para as atividades agrícolas e diversos outros serviços ecossistêmicos.

Embora estes am-

bientes sejam fundamentais para a manutenção da vida na terra, rios e lagos vêm sofrendo em todo o mundo com a deterioração ocasionada por ações humanas, como a construção de barragens mal planejadas, extração excessiva de areia em suas margens (acelerando o processo de erosão), poluição, destruição de habitats, mudanças climáticas e introdução de espécies invasoras.

Os ecossistemas aquáticos abrigam uma grande diversidade de formas de vida; entretanto, eles têm sido alterados de forma drástica em função de múltiplos impactos ambientais causados pela ação humana.

Isso tem levado estes ambientes a perderem suas características naturais e a diversidade biológica que abrigam.

O monitoramento desses ecossistemas vai muito além da análise da qualidade da água ou de outros parâmetros físico-químicos. Muitos seres vivos têm sido utilizados como indicadores das condições de saúde de um ecossistema, como comentam os pesquisadores Trishala, Deepak e Rawtani, em um trabalho realizado em 2016 na Índia.

Os bioindicadores de ambientes aquáticos, como rios e lagos, podem ser bem diversos e numerosos, e englobam bactérias, protistas, invertebrados, vertebrados, microalgas e macrófitas (plantas aquáticas). Todos estes seres vivos desempenham um papel fundamental para a manutenção, funcionamento e caracterização ecológica dos ecossistemas aquáticos, tornando-os excelentes indicadores das alterações ambientais.

Assim, ao longo deste capítulo iremos apresentar como alguns grupos de seres vivos que vivem em rios e lagos podem ser utilizados para monitorar e indicar alterações nos ambientes que passaram ou passam por processos de degradação.

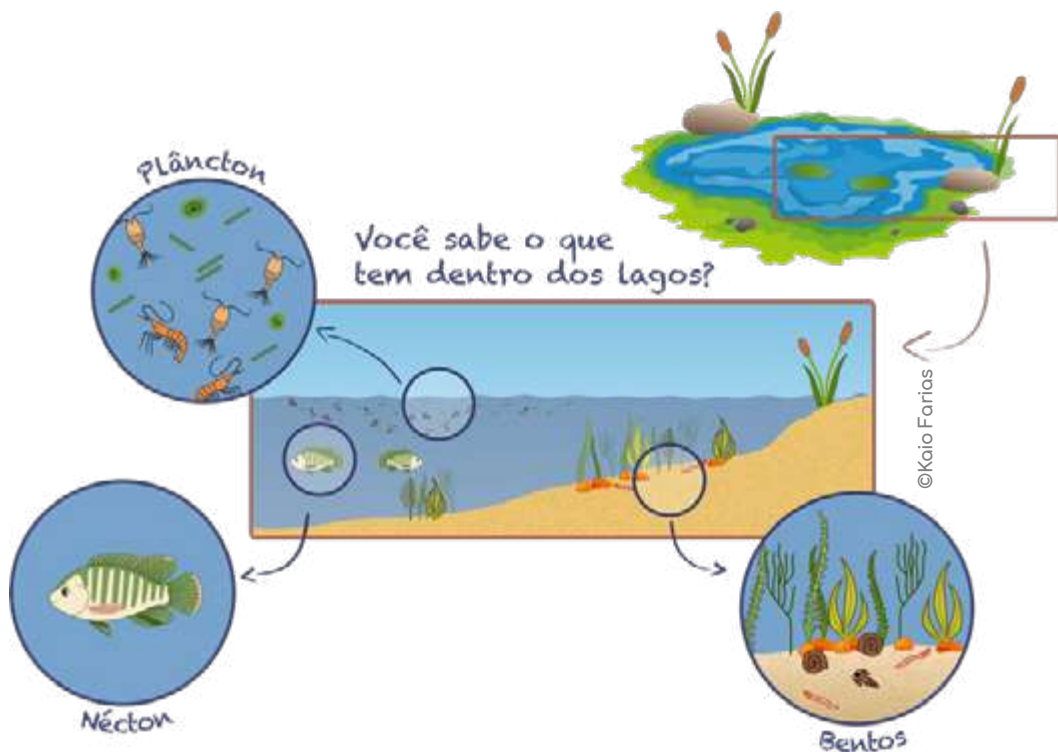
Quais organismos podemos encontrar nos ecossistemas aquáticos?

Os ambientes aquáticos, a exemplo dos rios e lagos, abrigam uma rica biota composta desde organismos microscópicos a macroscópicos, responsáveis pelo equilíbrio ecológico desses ambientes. Esses organismos se distribuem, basicamente, em três comunidades: plâncton - organismos essencialmente microscópicos que possuem locomoção reduzida e não conseguem vencer as correntes de água; nécton - organismos essencialmente macroscópicos que possuem destacada locomoção e conseguem vencer as correntes de água; bentos - aqueles que dependem de uma base de sustentação ou do fundo para sobreviver, podendo viver livres ou presos (os que vivem presos são chamados sésseis).

Os vegetais também fazem parte destas comunidades, tanto o fitoplâncton (microalgas que integram o plâncton) quanto as macrófitas (plantas macroscópicas que podem viver presas ao substrato ou flutuando na superfície da água).

Como os seres vivos de rios e lagos nos "falam" que o ambiente não está saudável?

Obviamente, animais e plantas não podem falar com palavras o que estão sentindo, ou sobre as condições do ambiente em que estão inseridos. Entretanto, a natureza se utiliza de estratégias para demonstrar que algo não vai bem, como quando organismos vivos apresentam mudanças drásticas em sua diversidade (variedade de espécie e formas),



Organismos que vivem nos rios e lagos são distribuídos em grupos de acordo com seu hábito de vida e região onde são encontrados. Fonte autoral.




abundância (quantidade e dominância) e mortalidade.

Os seres vivos que atuam como bioindicadores em rios e lagos são utilizados para avaliar impactos gerados pela poluição no ambiente. Cada grupo de organismo bioindicador apresenta um comportamento diferente diante de uma perturbação no ambiente. Por este motivo, serão apresentados, a seguir, alguns grupos de organismos e suas respostas às alterações no ambiente aquático.

Bioindicadores quase invisíveis, mas que existem aos milhões em rios e lagos

Em ambientes aquáticos existem organismos que praticamente você não irá enxergar a olho nu, sem o auxílio de equipamentos adequados, mas não se engane! Mesmo que você não os veja, eles estão lá: são os organismos do Plâncton. Esse grupo de organismos inclui diminutos animais (zooplâncton) e microalgas (fitoplâncton), além de vários grupos de outros seres vivos, como bactérias, protozoários, fungos e vírus.


A palavra zooplâncton é derivada do grego “zoon”, que significa animal, e “planktos”, que significa deriva. O zooplâncton é constituído por animais invertebrados bem pequenos (em sua maioria



microcrustáceos) e fases larvais (estágios iniciais de vida) de outros animais. Existindo aos milhões nos diversos ambientes aquáticos, esses organismos representam um dos principais recursos alimentares para a fauna aquática, como os peixes, por exemplo.

O termo fitoplâncton também tem origem grega, “fito”, que significa planta, e “planktos”, que significa deriva. O fitoplâncton é constituído essencialmente por microalgas, e é a base da cadeia trófica em ambientes aquáticos, além de serem responsáveis pela maior produção de oxigênio através da fotossíntese no planeta Terra.

Mas aí você se pergunta: como organismos tão pequenos podem indicar que rios e lagos não estão em equilíbrio ecológico?



Os organismos do zooplâncton são sensíveis a alterações provocadas pela poluição das águas, então algumas de suas respostas às perturbações ambientais podem ser: mortalidade mais elevada dos indivíduos; dominância de um determinado grupo de organismos no ambiente em detrimento de outros e diminuição da diversidade, o que altera o equilíbrio ecológico do ecossistema em que vivem.

Já as microalgas, embora muito pequenas, desencadeiam alterações macro nos ambientes aquáticos quando estes estão sob os efeitos da poluição. Águas muito eutrofizadas, com excesso de nutrientes como fósforo e nitrogênio, por exemplo, tendem a apresentar altas concentrações de microalgas, podendo chegar a milhões de células por litro de água. Muitos grupos do fitoplâncton tendem a produzir substâncias tóxicas quando o ambiente está em desequilíbrio.

Altas concentrações de cianobactérias (também conhecidas como algas azuis) em rios e lagos são um clássico exemplo de microalgas oportunistas de ambientes eutrofizados. Estas algas podem produzir e liberar na água toxinas que podem matar outros organismos aquáticos, e até mesmo animais maiores que venham a ingerir esta água. Mais informações sobre o efeito destas algas no ambiente aquático podem ser obtidas no trabalho dos pesquisadores Giliane Zanchett e Eduardo C. Oliveira Filho, publicado em 2013.



Plantas e pequenos invertebrados acendem o alerta de perigo para ambientes aquáticos poluídos

Você já deve ter observado em um rio, lago ou qualquer outro ambiente aquático plantas que ficam flutuando na superfície da água, ou nas margens, certo?! Você já foi questionado sobre isso no Capítulo 2 (Hall dos Bioindicadores), quando apresentamos a Baronífica. Lembra dela? Pois bem, muito provavelmente você estava observando algumas macrófitas. As macrófitas são plantas

aquáticas bem diversas, e desempenham o papel de abrigo e local de reprodução para diversos animais, favorecendo uma maior diversidade local.

Entretanto, em situações em que a qualidade da água está comprometida pelo processo de eutrofização, estas plantas podem ser consideradas “plantas daninhas”, pois alimentam-se da matéria orgânica em excesso nos ambientes eutrofizados e multiplicam-se rapidamente tomando toda, ou quase toda, a superfície de rios e lagos,



indicando que o ambiente está em desequilíbrio ecológico.


Um cenário semelhante a este foi observado por Bruno Lima (Analista ambiental e de geoprocessamento) e colaboradores da Universidade Católica de Minas Gerais, em 2018.

Os pesquisadores identificaram que as macrófitas eram mais abundantes em ambientes poluídos, reafirmando a condição de que estas plantas alertam para problemas decorrentes da poluição aquática.



©Kaio Farias

Rios e lagos perdem sua biodiversidade à medida que ações antrópicas destroem a vegetação marginal e despejam poluentes em suas águas. Fonte autoral.



Além das macrófitas, um outro grupo de organismos (macroinvertebrados bentônicos) formado por larvas de insetos, moluscos, vermes e pequenos crustáceos que vivem no fundo de rios e lagos, alimentando-se da matéria orgânica e até de outros pequenos invertebrados, são importantes aliados no monitoramento desses ambientes.

Os animais macroinvertebrados podem ser classificados da seguinte maneira:

Sensíveis ou intolerantes - vivem preferencialmente em ambientes limpos (indicam boa qualidade da água);

Tolerantes - suportam um determinado grau de eutrofização, podendo viver tanto em ambientes limpos, quanto em ambientes moderadamente eutrofizados;

Resistentes - vivem em ambientes altamente poluídos e indicam uma má qualidade da água, como aponta um estudo realizado em 2019, pelas biólogas Prestes e Vincenci (Rio Grande do Sul).

Revisando com o Ciclopinho

- Rios e lagos são fundamentais para a manutenção da vida na Terra, e desenvolvimento socioeconômico de uma nação;
- Os corpos d'água distribuídos no planeta vêm sofrendo com a deterioração e poluição das águas, ocasionadas por ações humanas;
- O Brasil é o país com maior disponibilidade de água doce do mundo;
- Seres vivos aquáticos são sensíveis às mudanças ambientais, e avisam quando as coisas não vão bem, alterando a dinâmica natural da comunidade.



CAPÍTULO 6

SENTINELAS DE PRAIAS E OCEANOS



©Kaio Farias

Marcos Antônio Lima Matoso
Maria Mylena Oliveira da Cruz
Yago Araújo de Melo
Pedro Augusto Mendes de Castro Melo
Marcella Guennes
Flávio de Almeida Alves Júnior

Capítulo 6: Sentinelas de praias e oceanos

Neste capítulo, vamos aprender quais são os organismos sentinelas mais comuns nas praias e oceanos e como eles nos ajudam a entender sobre a saúde e qualidade ambiental desse mosaico de ecossistemas.



Qual a importância das praias e oceanos para os seres vivos?

Os ecossistemas marinhos estão entre os ecossistemas que apresentam maior biodiversidade do planeta. A distribuição dos organismos nesses ecossistemas está diretamente relacionada às influências ambientais, o que historicamente possibilitou a presença de determinados grupos em ambientes distintos,

como em áreas mais rasas ou profundas, e/ou em diferentes compartimentos biológicos como o planctônico, nectônico e bentônico.

Mas, qual a diferença entre oceano e praias? De maneira geral, os oceanos são grandes massas de água salgada caracterizadas por uma elevada produção de biomassa e oxigênio (através da produção fotossintética realizada por microalgas). Já as praias, atuam como ambiente de transição entre os oceanos e continentes, e correspondem à faixa de areia sujeira à ação da água marinha. Os recursos desses ambientes são bastante utilizados para fins econômicos, científicos e sociais.

Em dias quentes, boa parte das pessoas gostam de ir à praia para se refrescar no mar, não é mesmo? Porém, muito além disso, as praias e os oceanos, são fundamentais devido aos benefícios que podem nos oferecer, sendo importantes fontes de alimentos, ajudando a regular o clima, e absorvendo e atuando como reservatório de CO₂.

Segundo a Organização das Nações Unidas – ONU, as áreas costeiras ocupam menos de 15% da área terrestre e abrigam aproximadamente 40% da população mundial. Ou seja, atualmente, mais de 3,8 bilhões de pessoas vivem nessa região, e esses números crescem gradativamente. Devido a essa crescente urbanização nesse ambiente, juntamente com a falta de saneamento básico nas grandes cidades, as praias e oceanos têm sido constantemente impactadas, principalmente através da poluição

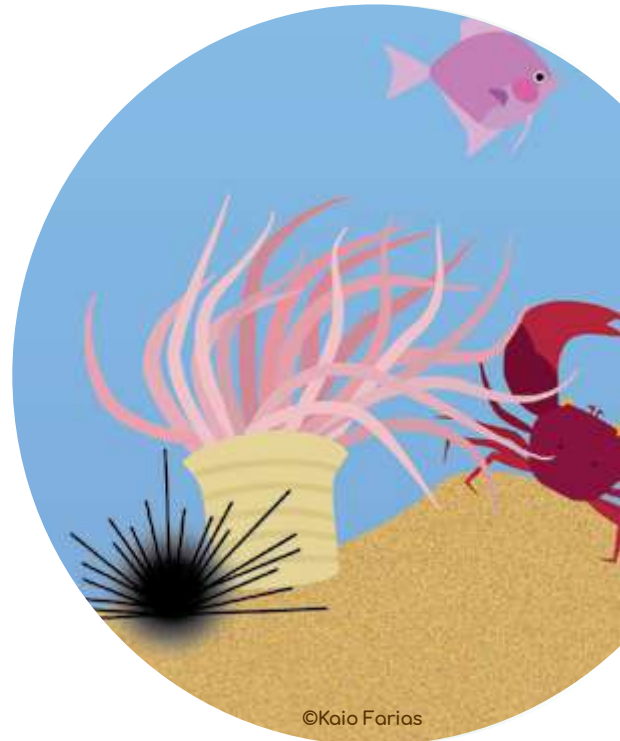
produzida no continente e descartada de maneira inadequada no ambiente marinho.

São diversas as possíveis consequências que podem ser geradas devido à poluição descontrolada que chega ao mar, como por exemplo: o desequilíbrio em todo o ecossistema marinho, envenenamento e contaminação de animais que serão consumidos pelo homem, degradação de ecossistemas de suma importância para a manutenção do meio ambiente, como os ambientes recifais, manguezais e a alteração de habitats naturais. Com isso, além da própria degradação ambiental, ocorre o favorecimento do estabelecimento de espécies marinhas exóticas.

Conter a poluição marinha é um dos grandes desafios ambientais da atualidade, caso contrário, é previsível, em um futuro não tão distante, cenários irreversíveis aos ecossistemas marinhos e conseqüentemente à sua biodiversidade. E, com o intuito de minimizar esses efeitos, algumas medidas passam a ser necessárias, em especial às que antecipem os danos, voltadas especialmente para a preservação dos ecossistemas e biodiversidade marinha, gestão/gerenciamento de áreas costeiras, tratamento dos efluentes, turismo consciente, educação ambiental e monitoramento ambiental utilizando a biodiversidade marinha.

Desta forma, no presente capítulo abordaremos a diversidade de organismos sentinelas de ambientes marinhos, incluindo organismos representantes do plâncton, nécton e bentos, fornecendo informações sobre suas principais características, importância ecológica, utilização e distribuição destes grupos. Nesse sentido, esse capítulo tem o intuito de possibilitar conhecimentos gerais sobre os organismos utilizados

na antecipação de cenários sob riscos e perigos ecológicos futuros.



Organismos sentinelas: quem são?

Não é novidade que os animais e as plantas apresentam estruturas e funcionamentos únicos e incríveis, essenciais para o funcionamento dos ecossistemas. Algumas espécies, por exemplo, conseguem nos dizer sobre a saúde do ambiente onde são encontradas. Como já abordado no capítulo 2 (Hall dos Bioindicadores), e como vimos na descrição do Peixincrível, classificamos como

organismos sentinelas, os seres vivos que refletem perturbações que o ambiente vem sofrendo, servindo de indicadores/antecipadores de impactos ambientais, e assim, sendo bons aliados na conservação dos ecossistemas e da biodiversidade.

Mas, você sabia que nem todos os organismos marinhos podem ser utilizados como sentinela? Há algumas características que precisam ser atendidas por esses organismos como, ciclo de vida relativamente curto, serem fáceis de capturar, possuir ampla distribuição e, principalmente, ter a capacidade de bioacumular as substâncias presentes no ambiente em alguma parte do seu corpo.

E na prática, como funcionam as sentinelas? Basicamente um organismo sentinela de praias e oceanos tende a acumular nos seus tecidos, músculos, órgãos ou alguma outra estrutura do seu corpo, as substâncias presentes no ambiente, seja na areia, seja na água, e, após serem capturados e levados para análise, é possível conhecer de qual substância se trata, sua concentração e ter uma noção de como o ambiente se encontra.

Devido às suas características únicas, os seres vivos podem ser utilizados no monitoramento



ambiental, seja de curto e/ou longo prazo, oferecendo de forma rápida e segura um panorama da degradação ou preservação do local. O grupo dos organismos sentinela é bem variado e o estudo dá para ser desenvolvido em todos os tipos de ecossistemas, mas especialmente neste capítulo iremos dividi-los em: plâncton, nécton e bentos.

Tamanho não é documento: seres microscópicos e sua importância para o meio ambiente

Você já viu um pouco sobre o plâncton no capítulo 5, não foi? Aqui, trataremos dos organismos autotróficos (fitoplâncton) e heterotróficos (zooplâncton), produtores e consumidores, respectivamente, presentes no plâncton marinho.

O fitoplâncton marinho compreende seres unicelulares ou coloniais, representados principalmente, pelas diatomáceas, dinoflagelados e cianobactérias. Apresentam grande diversidade de formas e tamanhos. Considerado como principal produtor primário a nível global e importante organismo na teia alimentar, qualquer modificação na sua estrutura apresenta influência nos níveis tróficos superiores, tais como zooplâncton, peixes, aves e mamíferos marinhos. Logo, são importantes

bioindicadores e sentinelas dos ecossistemas, e indispensáveis em projetos e programas de gestão, monitoramento e conservação de ambientes marinhos.

A partir da identificação das espécies e análise /monitoramento da comunidade fitoplanctônica, é possível detectar alguns sinais e prever cenários tanto a nível local, como regional e global. Como exemplo, é muito comum ocorrer periodicamente Florações de Algas Nocivas (FANs), como resultado do rápido aumento na abundância de determinadas espécies em resposta a entrada de nutrientes em excesso no meio aquático/ marinho, podendo levar ao desenvolvimento de síndromes, com consequência diarreica (*Dinophysis* e *Prorocentrum*), amnésica (*Amphora*, *Nitzschia* e *Pseudo-nitzschia*) e paralisante (*Alexandrium*, *Gymnodinium* e *Gonyaulax*).

O zooplâncton é representado por cnidários, águas-vivas e estágios larvais de corais, anêmonas; microcrustáceos, rotíferos, moluscos, protistas e até larvas de peixes, entre vários outros grupos, que podem ou não passar toda a sua vida na coluna d'água. Como são sensíveis às condições bióticas e abióticas, a comunidade zooplanctônica se altera rapidamente de forma que a presença/ausência ou abundância de determinadas espécies podem indicar impactos antropogênicos no ambiente. Em uma de suas pesquisas, Marcos Felipe Bentes, pesquisador da Universidade do Estado do Pará observou que tantos os adultos quanto as fases iniciais dos Copépodes

(crustáceos microscópicos e os organismos mais abundantes do zooplâncton) podem ser bioindicadores relacionados ao oxigênio dissolvido.

Os sentinelas natantes dos mares e oceanos

No nécton estão os organismos que se movimentam ativamente na coluna d'água. Seus representantes possuem os mais variados tamanhos, formatos e grupos (podendo ser invertebrados e vertebrados), tendo como característica a possibilidade de serem encontrados em diferentes níveis da teia alimentar marinha (exceto na produção primária). O nécton está representado por crustáceos, peixes ósseos, assim como raias e tubarões, répteis como as tartarugas-marinhas e iguanas marinhas, aves como os pinguins e ma-

míferos, como as baleias, peixes-boi e golfinhos. São importantíssimos por serem muito utilizados na alimentação dos seres humanos e muitos deles como recurso econômico através das atividades pesqueiras, além de participarem direta ou indiretamente da transferência de energia entre os organismos. Vários estudos apontam algumas espécies nectônicas como sentinelas, como no caso da corvina *Micropogonias furnieri* e do boto-cinza *Sotalia guianensis*, duas espécies importantes sinalizadoras do bem estar de ambientes costeiros.

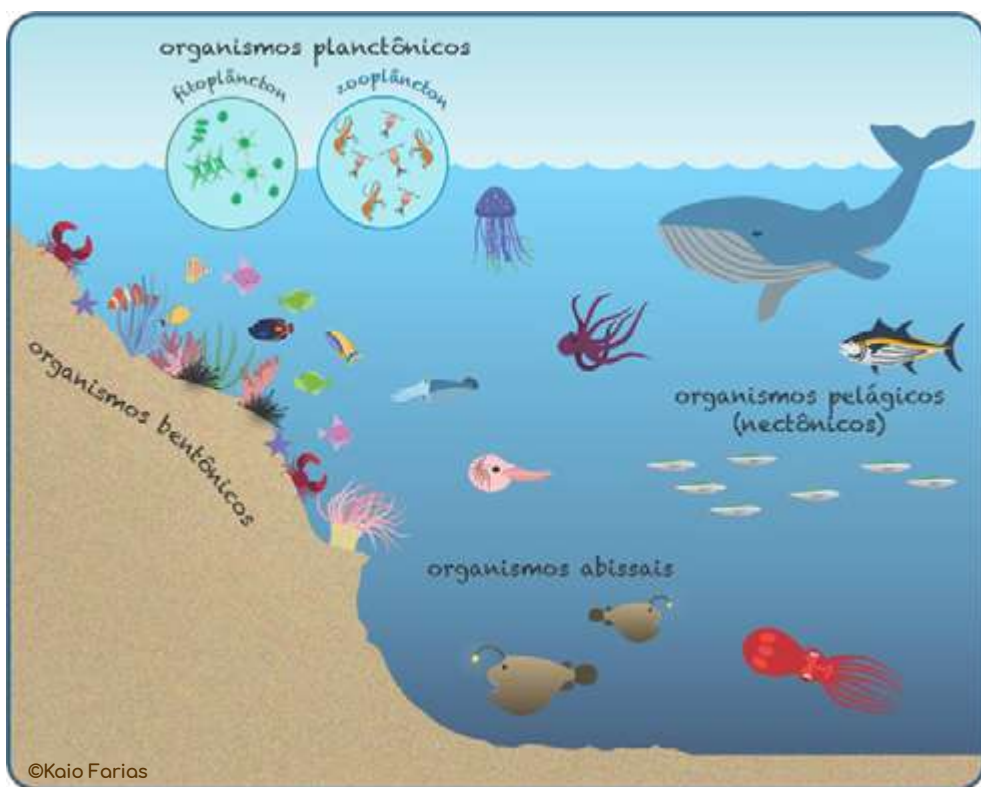
Parados, mas atentos: os sentinelas do fundo

No bentos estão os organismos que vivem em íntimo contato com o substrato do ambiente aquático, seja vivendo nele ou dependendo de seus recursos. Esses organismos podem possuir o hábito de vida fixo em algum substrato ou serem de vida livre, porém, na maioria das vezes, são considerados organismos sedentários, ou seja, possuem pouca mobilidade.

Dentre os diversos organismos bentônicos, os mais conhecidos são as esponjas, as colônias de corais, os anelídeos poliquetas, os moluscos gastrópodes (caramujo) e bivalves (ostras e mexilhões) e os crustáceos (caranguejos e cracas), além de micro e macroalgas, e outras espécies de plantas marinhas (Ex. vegetação do mangue, macroalgas, fanerógamas marinhas).

Os organismos que vivem no bentos são de grande importância para o ambiente marinho, principalmente por participarem de maneira direta ou indireta da cadeia alimentar, contribuindo com a distribuição de nutrientes e oxigênio, além de serem considerados um dos mais importantes organismos utilizados como bioindicadores da qualidade do ambiente, especialmente em ambientes estuarinos e costeiros.

Os mexilhões e as ostras são representantes dos moluscos bivalves que, dentro desse grupo, são os mais utilizados em estudos de bioindicação ambiental pois possuem todas as características necessárias para serem considerados como sentinelas, em especial o fato de serem capazes de acumular contaminantes em seus tecidos,



Os organismos marinhos podem ser encontrados em diferentes zonas e compartimentos nos oceanos. Fonte autoral.

principalmente metais e compostos gordurosos, com níveis acima do encontrado no ambiente em que estão inseridos. O cientista Dayvison Lima, em seu estudo, observou a presença de ferro e manganês na concha de mexilhões em diferentes condições ambientais, mostrando a importância desses animais como sentinelas ambientais.

Revisando com o Ciclopinho

- Os bons sentinelas marinhos precisam ter algumas qualidades, como: ciclo de vida curto, ampla distribuição, ser fácil de capturar e bioacumular substâncias presentes no ambiente;
- Os bioindicadores marinhos podem pertencer a vários grupos e tamanhos, nadar livremente na coluna d'água e, até mesmo, viver fixos;
- Organismos diferentes respondem de maneiras diferentes ao que acontece nos oceanos;
- Alguns bioindicadores marinhos podem bioacumular substâncias em seus tecidos ou até se reproduzirem mais rápido que o normal.

CAPÍTULO 7

A INDICAÇÃO OCULTA DOS SERES VIVOS



©Kaio Farias

Heitor Spinelli Montenegro
Cristiane Maria Varela de Araújo
Paulo Henrique Oliveira de Miranda

Capítulo 7: A indicação oculta dos seres vivos

Neste capítulo, você irá compreender que é possível analisar a saúde e integridade física dos seres vivos, com a finalidade de compreender quais fatores estão levando às alterações na estrutura dos ecossistemas. Quando estudamos os componentes invisíveis dos seres vivos, com a finalidade de obter respostas sobre a saúde do meio ambiente, é o que chamamos de indicação oculta dos seres vivos.



Até então, com a ajuda do Ciclopinho, entendemos que a ausência ou a presença de certos indivíduos, a mudança na estrutura da população, no comportamento e até mesmo um efeito no funcionamento normal de órgãos e sistemas, todos esses exemplos, podem ser resultados da presença de um agente estressor (ver mais no Capítulo 1).

Um agente estressor é toda substância ou energia que promove um impacto negativo no organismo. Aposto que você ficou querendo saber exemplos de agentes estressores. Então, lá vai: eles podem ser bem diversos, como luz, temperatura, aumento ou diminuição na quantidade de água disponível para o organismo, substâncias químicas como cloro, detergente, agrotóxicos, combustíveis fósseis, aumento na quantidade de nutrientes no sistema, e vários outros, que nem caberia aqui.

Mas você sabia que nem sempre é possível notar essas mudanças de



imediatos? Na maioria dos casos ocorre uma exposição gradativa do ser vivo a esse agente estressor, que, aos poucos, vai causando um dano em todo o organismo, que pode atingir suas células, tecidos e órgãos. Se essa exposição permanece por muito tempo pode ocasionar no desaparecimento da fauna ou da flora. Você já ouviu algum pescador falando sobre o seu dia de trabalho? Eles dizem que está cada vez mais difícil trazer a mesma quantidade de pescado. Isso pode

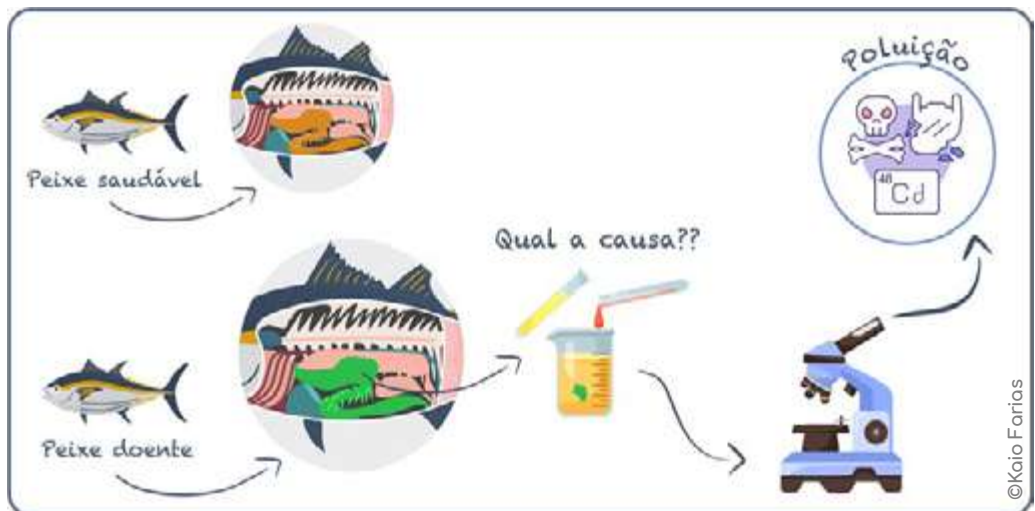
ser uma consequência da contaminação oculta, que faz com que o animal fique fraco e morra antes de reproduzir, diminuindo a população, ou seja, a quantidade de indivíduos no ecossistema.

Por isso, é muito importante estudar e identificar esses efeitos ocultos, assim podemos proteger o ecossistema a tempo e preservar o meio ambiente. Ah, detalhe, quando preservamos o meio ambiente, preservamos também a nossa própria vida.

Vários organismos possuem mecanismos que podem nos indicar o momento em que começam a sofrer quando expostos aos agentes estressores. Parece difícil perceber, mas não é, vou dar um exemplo: imagine que você está andando descalço pela calçada em um dia de sol, provavelmente, você sentirá um incômodo no seu pé, e o seu rosto, através da expressão da face, indicará que você não está confortável com essa situação, que algo o incomoda. Pois é, olhando para uma pessoa descalça, andando em uma calçada quente, podemos perceber que algo ruim está acontecendo. E funciona exatamente assim com os organismos.

Através de pesquisas podemos identificar se o agente estressor está causando danos a esse organismo bem antes de algo pior acontecer. Por isso é tão importante estudar os detalhes do funcionamento dos

organismos, e podemos fazer isso através dos estudos sobre os componentes moleculares (por exemplo, quantidade de hormônios no sangue), as células (por exemplo, quantidade de hemácias e leucócitos), nos órgãos até chegar a como esses organismos se comportam. Quando estudamos os componentes moleculares, fisiológicos, celulares e histológicos dos seres vivos, é o que chamamos de a “indicação oculta dos seres vivos”, que são aquelas mudanças, ou efeitos, que podem ser detectados apenas com procedimentos experimentais específicos. Para saber mais, é só continuar a leitura.



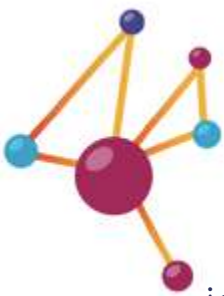
É possível isolar e analisar as moléculas dos seres vivos para determinar se há algum tipo de fator estressor afetando a saúde destes, todo esse processo é feito em laboratório. Fonte autoral.

Moléculas como bioindicadores

Para que os organismos se mantenham vivos é necessária uma comunicação contínua de todas as suas células, proporcionando um trabalho em equipe, onde cada parte tem o seu papel, sendo fundamental para a manutenção da vida. Essa comunicação se dá através de sinalizadores moleculares, uma espécie de carteiro (sim, aquele que entrega cartas e os produtos que pedimos pela internet). As moléculas produzidas por glândulas e neurônios têm como objetivo levar a informação de uma célula a outra, sendo então essenciais para o funcionamento adequado dos organismos, sendo elas os hormônios e os neurotransmissores.

Porém, existem substâncias nas quais os organismos, até mesmo nos seres humanos, entram em contato e fazem com que prejudique ou impeça a ação desses sinalizadores. E quando isso acontece, o trabalho em equipe começa a falhar, pois algumas células podem não receber o comando, ou até mesmo, receber um comando errado. Reconhecer esses problemas, ou seja, o mau funcionamento ou até mesmo a ausência desses sinalizadores, é muito importante, pois nos ajuda a identificar e até prever problemas mais sérios.

E quem poderia identificar os problemas dos sinalizadores? Aposto que essa pergunta veio à sua




cabeça, pois bem, os Centros de Pesquisas nas Universidades são capazes de identificar esses problemas. Vou citar alguns exemplos, vamos lá.



Existe uma molécula no corpo da maioria dos animais chamada Acetilcolinesterase, ela é uma enzima extremamente importante para a contração muscular, sem ela, não haveria o movimento dos músculos. Pois bem, acredito que já tenha ouvido falar em pesticidas, aquele produto que se coloca em lavouras para impedir que pragas destruam a plantação. Claro que de imediato pensamos que os pesticidas são os mocinhos, mas na verdade, em sua composição há moléculas capazes de bloquear a ação da acetilcolinesterase, causando a morte de vários organismos que não são pragas. Esses pesticidas podem atingir o meio ambiente de diversas formas, por exemplo, se um agricultor usa em excesso, parte dele pode ser transportado pela própria água usada para irrigação, chegar no lençol freático (aquela reserva de água que fica no subsolo) e rios, causando sérios danos ambientais.

Danos às moléculas sinalizadoras podem acontecer quando os organismos entram em contato com outros poluentes (substâncias que causam efeitos negativos) como metais, fármacos (aqueles remédios que tomamos ou que descartamos de



forma inadequada) e também por compostos presentes no petróleo. Esses são só alguns exemplos.

Várias espécies sofrem quando expostas a esses poluentes, e podemos identificar através da desregulação das moléculas sinalizadoras, que muitas vezes estão alteradas ou até mesmo ausentes do corpo do organismo.

Um grupo de moléculas sinalizadoras de poluição são as metaloproteínas, que são moléculas de proteínas que possuem íons metálicos em sua estrutura, elas podem ser isoladas dos seres vivos e investigadas quanto a sua estrutura, para verificar se houve algum tipo de poluição por metais pesados.

Para finalizar, há moléculas sinalizadoras que são produzidas pelo organismo quando ele está sob estresse. Esse estresse, na maioria das vezes, pode ter sérios problemas para os organismos, como impedir que ele consiga se reproduzir ou até mesmo crescer. Nossa, isso é bem sério, não é?

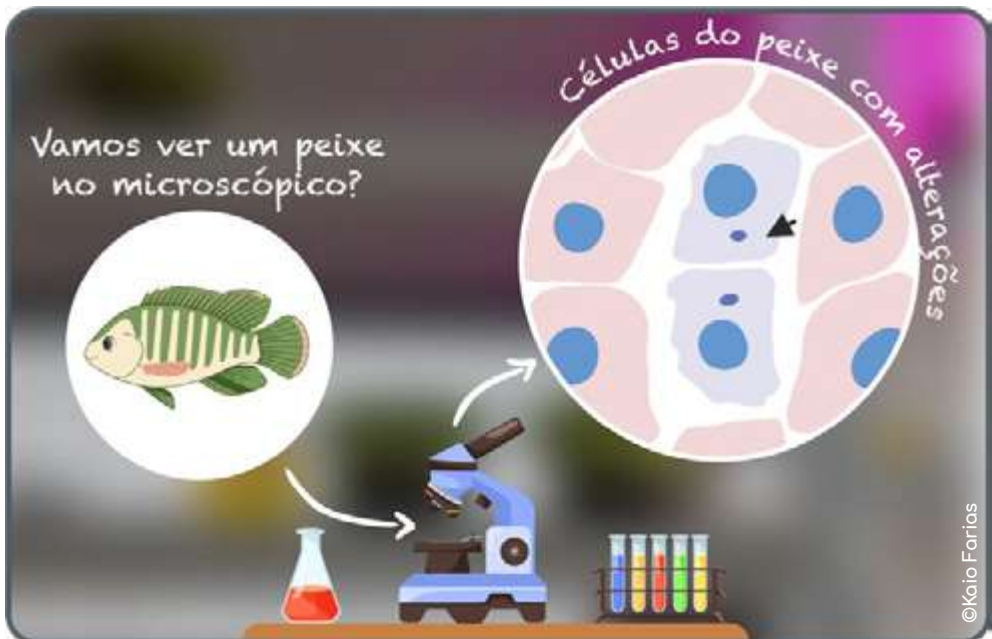
Bioindicação celular

Agora, vamos falar um pouco dos efeitos da poluição na célula do organismo. Da mesma forma que as moléculas, as células, que compõem as estruturas do organismo, estão sujeitas a mudanças na sua forma de ser devido a fatores estressores. As células são a unidade funcional de um ser vivo, elas revestem o nosso corpo, se juntam e

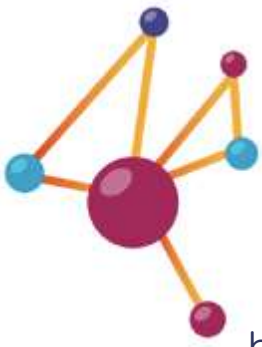
compõem órgãos, e trabalham o tempo todo para o bem estar do organismo.

As células quando expostas a um poluente, podem desenvolver uma série de problemas, esses problemas podem chegar ao núcleo celular e atingir o DNA (aquele lugar onde ficam armazenadas todas as informações genéticas).

Uma das formas mais empregadas de bioindicação celular são as análises citogenéticas. Para realizar esse tipo de análise é necessário realizar a coleta de células do ser vivo e realizar uma análise do seu núcleo, verificando se há presença do que chamamos



Assim como as biomoléculas, analisar a estrutura celular para detectar alterações é um bom indicativo de que os seres vivos estão expostos a algum tipo de agente estressor. Fonte autoral.



de aberrações cromossômicas, como formação de micronúcleos ou erros durante a fase de mitose. Assim como as biomoléculas, analisar a estrutura celular para detectar alterações é um bom indicativo de que os seres vivos estão expostos a algum tipo de agente estressor.

Uma outra forma de encontrar vestígios de poluição é através da análise da forma da célula: se a parede celular (estrutura celular ocorrente nos fungos e vegetais) apresenta alguma deformação, isso é indício de poluição. Para identificar tais deformações celulares e até mesmo ver efeitos citogenéticos, é necessário ter um microscópio, só assim conseguimos ver a estrutura celular.

Bioindicação tecidual

Você sabe o que é um tecido? Opa, não estou falando daquele que compramos no centro da cidade não, estou falando do conjunto de células que possuem a mesma função. Qualquer mudança que ocorra a nível celular irá refletir em alterações a nível tecidual, o que nos leva a um terceiro estágio de indicação

dos seres vivos, que dependendo do tecido que é analisado, não é tão oculto assim. Esse tipo de indicação pode ocorrer tanto em tecidos internos quanto em tecidos externos, em alguns casos é necessário a utilização de microscópio para análise, como é o caso

de alterações morfológicas nas unhas de animais, devido à ausência de algum nutriente ou presença de contaminantes. Alterações nos tecidos de plantas devido à presença ou ausência de algum agente inorgânico, por exemplo, a ausência de zinco pode acarretar em folhas pequenas; Presença de contaminantes acarreta em folhas deformadas, ou até mesmo necrose e folhas amareladas no caso de falta de fósforo.

E da mesma forma que podemos observar estruturas externas das plantas, coletar o material e aplicar técnicas de microscopia, como a histoquímica, que consiste na análise de substâncias químicas presentes nos tecidos dos seres vivos. Esta técnica é bastante utilizada para verificar a presença de contaminantes em ambientes aquáticos, utilizando os tecidos de organismos bioacumuladores para esta finalidade, e assim poder diagnosticar e monitorar a saúde do ambiente.



Revisando com o Ciclopinho

- Os agentes estressores podem induzir alterações nas moléculas, células ou tecidos dos seres vivos;
- Muitas vezes essas alterações passam despercebidas, sendo preciso recorrer a técnicas de laboratório para poder visualizá-las;
- Somente a atenção contínua e a identificação do problema no seu estágio inicial vão possibilitar a preservação da vida no nosso único planeta que é a Terra.



CAPÍTULO 8

INDICADORES BIOLÓGICOS DA VIDA URBANA

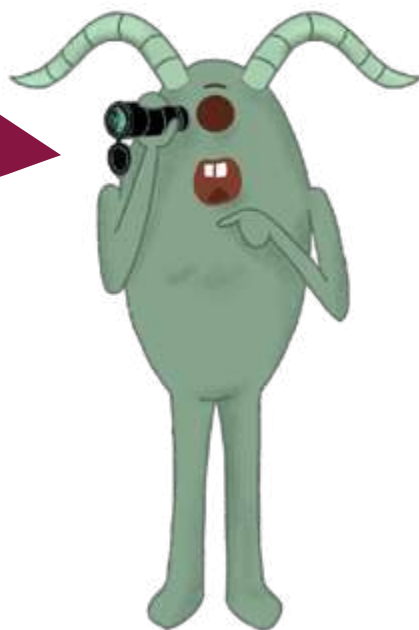


©Kaio Farias

Evandro José dos Santos
Josefa Inayara dos Santos Silva
Luciana Pinto Sartori

Capítulo 8: Indicadores biológicos da vida urbana

Neste capítulo, exploraremos os indicadores biológicos da vida urbana, destacando os insetos e as aves. Apresentaremos exemplos de espécies que podem indicar informações acerca do grau de urbanização dos ambientes.



Quem são e o que podem dizer os nossos vizinhos sobre a qualidade ambiental da nossa cidade?

Para discutirmos sobre os indicadores biológicos da vida urbana, refletiremos, inicialmente, sobre algumas questões relacionadas a esse ambiente: Será que é possível observarmos nas cidades processos biológicos que ocorrem, comumente, em ambientes naturais como a decomposição de matéria orgânica?



Será que os ambientes urbanos e naturais são tão diferentes como parecem ser?

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), as cidades são locais onde são desenvolvidas as atividades políticas, administrativas e econômicas de um município (que envolve tanto a zona urbana quanto rural). Sendo assim, é comum pensarmos que as cidades não apresentam fatores e elementos naturais, por exemplo, diversidade de espécies de animais. No entanto, esses ambientes possuem seus próprios componentes e características que, assim como nas florestas, podem ser alterados de acordo com ações humanas.

Se pararmos um pouco e olharmos à nossa

volta veremos alguns animais bem característicos e até frequentes no ambiente urbano, como baratas, formigas, cupins e aves. Afinal, quem nunca se deparou com um grupo de formigas carregando algum material? Ou aquelas revoadas de pombos nos centros urbanos? Esses animais constituem um dos elementos naturais que compõem os ambientes urbanos.

As cidades, como ocupações humanas, não são imutáveis, estão sempre em modificação. O crescimento populacional, por exemplo, demanda mais locais de moradia, implicando em mais construções de casas e prédios e, conseqüentemente, transformações



de áreas naturais em urbanas, o que modifica a paisagem. Grupos de animais, como os citados acima, podem responder a essas modificações por meio de alterações em sua diversidade e abundância. Dessa forma, podem ser utilizados como indicadores biológicos, ajudando-nos a avaliar os impactos gerados pelo processo de urbanização e como estes influenciam na qualidade dos ambientes.

Neste capítulo, você conhecerá alguns grupos de insetos e aves presentes no ambiente urbano que podem ser utilizados como indicadores biológicos, bem como sua importância e sinais indicados.

Insetos podem ser utilizados como indicadores biológicos?

Você já deve ter se perguntado: Para que servem os insetos? Para que servem as formigas, senão infestar o nosso açúcar? Apesar de normalmente serem vinculados a funções negativas, os insetos possuem grande importância ecológica para preservação e manutenção dos ecossiste-

mas, agindo como polinizadores, dispersores de sementes e integrantes da cadeia alimentar. Além disso, a função como indicadores biológicos também têm sido cada vez mais atribuída aos insetos, podendo ser utilizados como bioindicadores em ambientes urbanos e naturais.

Você acompanhou no primeiro capítulo que para um organismo ser considerado um bioindicador são necessárias algumas características. Mas quais características os insetos apresentam que os permitem serem utilizados como indicadores biológicos? Primeiro, você já deve ter notado que são fáceis de observar, e isso se deve ao fato desses organismos representarem cerca de 80% das espécies de animais do planeta. Então, a abundância e diversidade são as primeiras características.

Além disso, quando comparados a outros animais, os insetos são facilmente amostrados, isto é, coletados para estudos, etapa fundamental no processo de indicação biológica.

Por fim, podem ainda responder rapidamente às mudanças ambientais, visto que, geralmente, são organismos com ciclo de vida curto, produzindo várias gerações de descendentes ao longo de um ano. Essa rapidez na resposta permite que as consequências relacionadas às alterações ambientais sejam observadas em um tempo relativamente mais





curto do que em outros animais com ciclo de vida mais longo, como os mamíferos, por exemplo.

Nas duas próximas seções você irá conhecer

três grupos de insetos que são frequentemente encontrados em ambientes urbanos e utilizados como indicadores biológicos.

Borboletas e o sinal urbano indicado

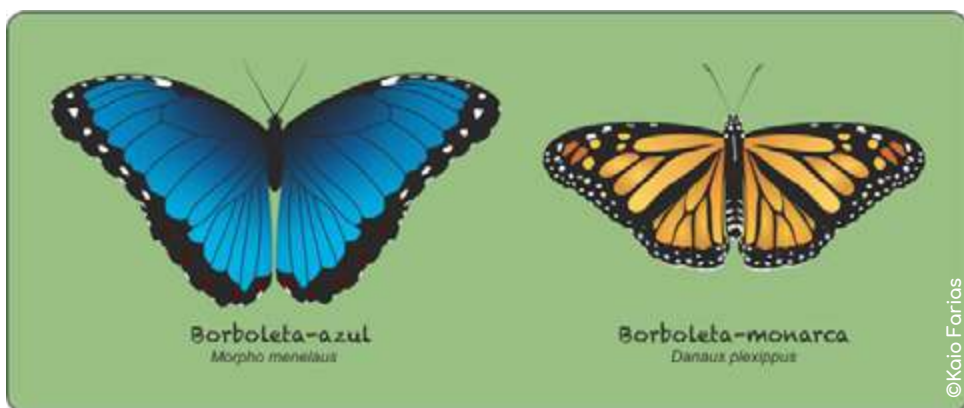
As borboletas são um dos grupos de insetos mais abundantes nos ambientes urbanos, podendo estar presentes em vários locais, como parques, reservas, praças públicas e até mesmo jardins. Como indicadores biológicos podem auxiliar na compreensão dos efeitos da urbanização. A degradação dos habitats naturais que pode ser proporcionada pelo processo de urbanização altera a diversidade e composição de espécies de borboletas, visto que vários estudos apontam

uma redução no número de indivíduos em ambientes urbanos quando comparados a ambientes naturais.

No entanto, há espécies que mesmo em cenários de degradação, como a retirada da cobertura vegetal nas cidades, aumentam sua abundância, a exemplo da borboleta monarca (*Danaus plexippus*). Essa espécie é típica de ambientes abertos com baixa cobertura vegetal, sendo, portanto, bastante comum nas cidades.

Por outro lado, há espécies que somente suportam ambientes com grande cobertura vegetal e que podem ser utilizadas como indicadores de ambientes naturais e preservados, como é o caso da borboleta-azul (*Morpho menelaus*).

Dessa forma, a observação e/ou coleta das espécies de borboletas indicam informações sobre o grau de degradação ou urbanização dos ambientes, no caso das cidades. São, portanto, ferramentas fundamentais utilizadas por pesquisadores em programas de monitoramento ambiental para análise da qualidade dos habitats.



Duas espécies de borboletas bioindicadoras. Borboleta-monarca (direita), indicadora de ambientes abertos, urbanizados e Borboleta azul (esquerda), indicadora de ambientes fechados, naturais.

Fonte autoral.



Informações que vêm do solo: formigas e cupins como indicadores biológicos

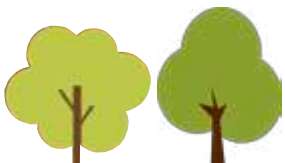
Formigas e cupins são insetos comuns em ambientes urbanos, sendo, frequentemente, conhecidos como pragas, visto que em grandes quantidades podem causar diversos problemas. Você com certeza já deve ter visto ou ouvido falar sobre ataques de formigas ou cupins em vários componentes da nossa casa, como madeira ou até mesmo alimentos. No entanto, fora das nossas casas, em áreas naturais, eles podem realizar diversas funções ecológicas e também serem utilizados como indicadores biológicos. Como mencionado no Capítulo 4 deste livro, esses insetos compõem a fauna presente nos solos, sendo assim, os serviços de indicação prestados estão relacionados a esse sistema.

Juntamente com diversos microrganismos, formigas e cupins participam ativamente do processo de decomposição de matéria orgânica, onde nutrientes e minerais são devolvidos ao solo. Portanto, a presença desses insetos pode indicar alta taxa de decomposição orgânica, mecanismo fundamental para a qualidade do mesmo. Além disso, ao construírem ninhos, escavam trilhas e galerias abrindo espaços que permitem a entrada de ar e água, elementos essenciais para a fertilidade do solo.

Por esses motivos, são conhecidos como engenheiros de ecossistemas, pois “constroem” condições ideais para a presença de outros seres vivos, ou seja, um solo fértil e rico em nutrientes e minerais é fundamental para o crescimento e desenvolvimento dos organismos que dependem direta ou indiretamente dele (plantas, animais, fungos, bactérias, dentre outros). Logo, a presença desses insetos está diretamente associada à qualidade e fertilidade dos solos. A coleta de exemplares desses grupos é um método importante para a análise da qualidade dos solos.



Representação de um ecossistema. Note a diversidade de seres apresentada e a presença de cupinzeiros e das galerias construídas por esses animais abaixo do solo que podem ser indicadores da qualidade ambiental. Fonte autoral.



E as aves? Também podem ser utilizadas como indicadores biológicos?

As aves compõem um grupo de organismos bastante diverso que desempenham inúmeras funções ecológicas dentro de ecossistemas naturais e urbanos. Dentre estas, podemos destacar a dispersão de sementes, polinização e controle populacional de outras espécies, no caso de espécies predadoras. Além disso, há ainda espécies que se alimentam de carcaças de animais mortos contribuindo, portanto, com a limpeza dos ambientes. Em razão dessa diversidade de funções, aliado ao fato de serem organismos de fácil observação e responderem rapidamente às alterações ambientais, as aves têm sido utilizadas em programas de monitoramento ambiental, como bioindicadoras ecológicas.

Nos ambientes urbanos, as aves se distribuem desde áreas arborizadas como praças, parques e reservas, até locais altamente impactados sem nenhum nível de arborização como os centros urbanos, estando sempre atreladas a locais que ofereçam abrigo e alimento. Como bioindicadoras nesses ambientes, podem ser usadas em análises sobre os impactos gerados pela redução e fragmentação da cobertura vegetal.

Portanto, nas duas próximas seções iremos explorar a relação das aves com o ambiente



urbano, bem como as informações que podem ser obtidas através do conhecimento de suas espécies.

Aves e o ambiente urbano: O que essa relação pode nos dizer?

O processo de urbanização tem como consequência direta a redução dos ambientes naturais. Isso acaba refletindo nas comunidades da flora local e por consequência na fauna que depende diretamente dela, como é o caso das aves. Nesse contexto, as comunidades de aves são essencialmente impactadas, como evidencia um estudo realizado pela pesquisadora Suélen Amâncio e colaboradores da Universidade Federal de Uberlândia. Nesse estudo, os autores apontam que o grau de urbanização, de arborização e o fluxo de

pessoas e veículos são fatores relacionados com a estrutura do ambiente urbano que podem influenciar na alteração da comunidade de aves.

Essa alteração pode ocorrer por meio de duas vias principais: (1) a urbanização pode favorecer o aumento de espécies que eventualmente conseguirão manter relações específicas com o ser humano e serem beneficiadas no ambiente modificado, (2) pode causar a diminuição das espécies que tendem a ser mais especialistas e necessitam dos ambientes naturais para sua permanência



e sobrevivência. Dessa maneira, tanto o aparecimento e, principalmente, aumento de uma determinada espécie de ave numa área que foi modificada pela urbanização, quanto à diminuição ou desaparecimento de outra espécie, pode nos fornecer informações sobre esses ambientes.

Aves: quem vive no ambiente urbano?

Como visto ao longo do capítulo, o ambiente urbano, apesar de ter passado por um processo de alteração e modificação, apresenta uma fauna típica composta por espécies adaptadas a viverem nesses locais. Em relação às aves, um exemplo muito comum nos centros urbanos é o Pombo-doméstico (*Columba livia*), tendo sido introduzido no Brasil no século XVI, sendo, portanto, uma espécie exótica. No mesmo estudo coordenado pela pesquisadora Suélen Amâncio, cita-

do acima, foi registrado que o Pombo-doméstico possui maior abundância em áreas com alto índice de urbanização, ou seja, com maior presença de pessoas, prédios, veículos e, consequentemente, mais resíduos, onde geralmente podem ser encontrados em praças públicas consumindo restos de alimentos jogados no chão.

Assim, percebe-se que a espécie além de beneficiada pela urbanização estabelece relações diretas com os



seres humanos, pois dependem essencialmente dos recursos disponibilizados pelos mesmos. Dessa forma, a espécie é uma indicadora negativa de qualidade ambiental, pois quanto mais impactado e urbanizado o ambiente, maiores as populações do Pombo-doméstico.

No entanto, podem ser encontradas outras espécies exóticas como o Pardal (*Passer domesticus*), além de serem encontradas também espécies nativas adaptadas

aos ambientes urbanos, como o Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), algumas espécies de Corujas (*Tyto furcata*, *Althene cunicularia*) e também espécies de Urubus, como exemplos mais comuns. Entretanto, é importante destacar que a composição de espécies varia com relação às características apresentadas pelo ambiente, visto que estas são determinantes para a permanência e sobrevivência das espécies.

Importância das áreas verdes urbanas para a diversidade de insetos e aves

Como consequência do processo de urbanização e alteração dos habitats naturais, insetos e aves buscam refúgios que garan-

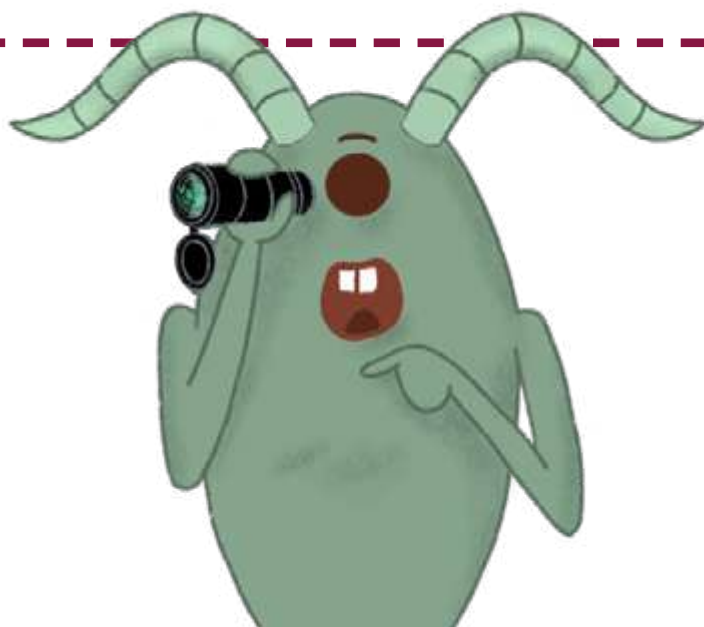
tam a sua sobrevivência nas áreas urbanas. Esses refúgios também conhecidos como áreas verdes, em geral, são locais que oferecem



abrigo e alimento, como reservas, parques, praças, jardins e até cemitérios. Portanto, essas áreas urbanas são essenciais para permanência e manutenção das comunidades de insetos e aves, sendo fundamental a consciência coletiva para preservação e conservação dessas áreas, além do investimento público na adoção de medidas de criação e manejo desses locais.

Revisando com o Ciclopinho

- Borboletas e aves são indicadoras do processo de urbanização;
- Formigas e cupins indicam a fertilidade do solo;
- Áreas verdes urbanas são refúgios para insetos e aves.



CAPÍTULO 9

ALÉM DO MEL: AS ABELHAS COMO BIOINDICADORES



Pedro Eugenio Silva da Costa
Elton John Oliveira Galdino
Evandro José dos Santos

©Kaio Farias

Capítulo 9: Além do mel: As abelhas como bioindicadores

Neste capítulo, você irá conhecer como e o que as abelhas podem nos indicar sobre o ambiente, bem como os processos que estão causando o declínio em suas comunidades e como podemos ajudá-las.

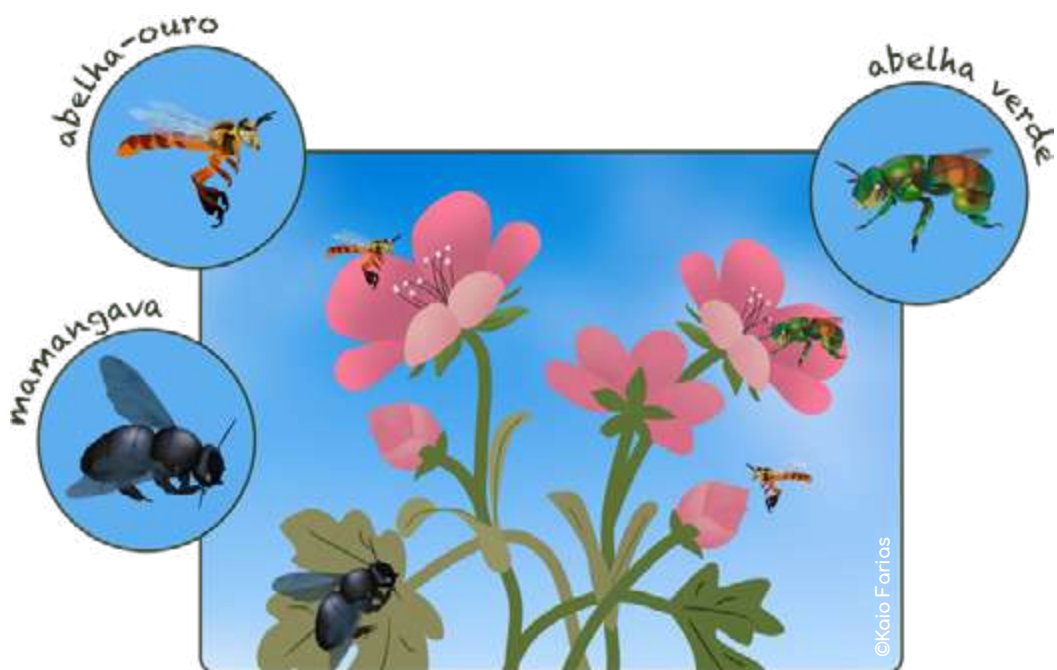


Quem são as abelhas?

Desenhos, filmes, mel e até mesmo aquela experiência nada agradável como uma ferroadada colocam as abelhas dentro do cotidiano popular e com certeza você já viu ou ouviu falar delas. Se pedíssemos que parassem, por um instante, a leitura desse capítulo e imaginassem uma abelha, muito provavelmente ela teria

listras pretas contrastando com o seu corpo amarelo, viveria dentro de uma colmeia, produziria mel e, claro, possuiria ferrão! Essa é a abelha-do-mel ou europeia (*Apis mellifera*), espécie mais estudada e conhecida. Mas será que há outras espécies? Será que todas elas vivem em colmeias?

No mundo, existem aproximadamente 20 mil espécies de abelhas descritas pela ciência. Dentre elas, há uma enorme variedade de formas, cores, hábitos e funções. Apesar de serem conhecidas como insetos sociais, formando colônias, cerca de 85%



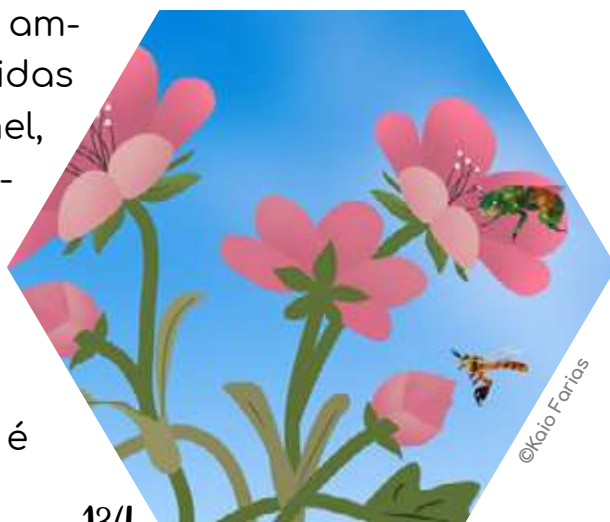
Diversidade e hábitos de vida das abelhas: As abelhas podem apresentar preferências alimentares distintas, algumas alimentam-se de néctar floral e extrafloral, pólen e óleos florais, bem como utilizam outras estruturas das plantas para fazerem seus ninhos. Fonte autoral.

das abelhas são solitárias, ou seja, apenas um indivíduo, a fêmea, realiza todas as atividades de construção do ninho, alimentação das crias e reprodução. E por falar em ninhos, os locais utilizados para construção vão além do topo das árvores utilizados pelas abelhas-do-mel, podendo também utilizarem cavidades em paredes de barro ou madeira, superfícies de folhas e galhos, o solo e até estruturas abandonadas por outros animais, como conchas de moluscos.

Apesar de serem amplamente conhecidas pela produção de mel, as abelhas podem desempenhar diversas funções ecológicas nos ambientes, dentre elas a polinização. A polinização é

um serviço essencial que permite a reprodução das plantas, garantindo a manutenção e preservação dos ecossistemas. Além de possibilitar o aumento na produção de culturas agrícolas utilizadas na alimentação humana.

No entanto, além da importância econômica e ecológica, nas últimas décadas as abelhas e seus produtos (mel, cera e própolis) vêm sendo utilizados em estudos de monitoramento ambiental, como indicadores ecológicos.



E, neste capítulo, você irá compreender quais as características apresentadas pelas abelhas permitem que sejam utilizadas nesse serviço, quais os sinais e informações que podem ser obtidos e, por fim, a importância da conservação das áreas verdes para a manutenção dos serviços prestados pelas abelhas.


Abelhas como indicadores biológicos

Em 2009, a Organização das Nações Unidas (ONU), sabendo da importância das abelhas para a polinização e segurança alimentar, considerou esse grupo de insetos os seres vivos mais importantes do planeta. No entanto, como mencionado na seção anterior, além da polinização as abelhas também podem ser utilizadas como indicadores biológicos. Elas apresentam um importante papel no monitoramento de ecossistemas, podendo ser vistas como um termômetro de processos de degradação que vêm modificando seu habitat ao longo dos anos.

Para introduzir esta discussão, é importante trazer o motor das problemáticas atuais sob os ecossistemas, a degradação. A degradação consiste em toda e qualquer atividade que



©Kaio Farias

Two overlapping hexagons, one dark brown and one light orange, are positioned in the top left corner of the page.

gera desarmonia entre as interações ecológicas dos seres vivos com o meio ambiente, podendo desenvolver-se através de várias formas, como o desmatamento, urbanização, uso excessivo de agrotóxicos, monoculturas, entre outros. E como isso muda a vida das abelhas? Como elas respondem a essas mudanças?

A retirada da vegetação, por exemplo, diminui drasticamente a diversidade florística e arbórea dos ambientes naturais. As abelhas, entretanto, são insetos que dependem diretamente dos recursos ofertados pelas espécies de plantas, como os locais para construção de ninhos e fontes de alimento. Dessa forma, na medida em que os habitats e seus recursos vão se esvaindo, as inúmeras espécies, como as abelhas, que possuem relações específicas com a flora vão desaparecendo ao longo do tempo.



Uma baixa diversidade de espécies em áreas urbanas é um excelente exemplo dessa relação. O processo de urbanização, ao longo do tempo, gera uma redução cada vez maior das áreas naturais, causando diminuição das espécies de abelhas que dependem destas áreas. Esse é um dos motivos pelo qual o aumento dos centros urbanos sobre as áreas naturais é tão discutido. E, por conta da relação íntima com os vegetais, as abelhas são excelentes indicadores da qualidade ambiental do local e do processo de urbanização.

Por outro lado, em ambientes agrícolas, a presença de insetos é maior do que em ambientes urbanos, visto que as áreas agrícolas,

em geral, mantêm espécies arbóreas que sustentam as populações de abelhas. Entretanto, as áreas naturais são consideradas refúgios para esses insetos, uma vez que possuem diversas relações ecossistêmicas que sustentam um número maior de espécies do que ambientes agrícolas e urbanos.

Portanto, ao investigarmos a quantidade e diversidade de espécies de abelhas de diversos locais, podemos obter informações sobre o grau de degradação e, no caso das cidades, de urbanização.

©Kaio Farias





©Kaio Farias



As abelhas possuem diferentes níveis de organização social, desde solitárias até sociais (colônias). Fonte autoral.

Produtos produzidos pelas abelhas como indicadores biológicos

As abelhas sociais, especificamente a abelha-do-mel e as abelhas nativas sem ferrão, produzem diversos produtos de importância econômica que você talvez já conheça, como o mel, a cera e o própolis. Esses produtos são utilizados como matéria-prima no desenvolvimento de diversas mercadorias ofertadas pelo setor estético, alimentício e de saúde. O mel, por exemplo, é o mais explorado entre estes, sendo um dos recursos mais exportados do setor agrícola brasileiro. Porém, a importância desses produtos vai muito além da economia, podendo ser utilizados como indicadores biológicos da qualidade ambiental. Nesse sentido, nos últimos anos, muitos estudos de monitoramento ambiental vêm utilizando-os como bioindicadores da contaminação por metais pesados, como por exemplo Chumbo (Pb), Cádmiio (Cd), Cromo (Cr) e Cobre (Cu). Mas como esses metais chegam até esses produtos e como podem ser utilizados como indicadores biológicos?

O mel, a cera e o própolis são produzidos através de processos fisiológicos realizados pelas abelhas e, para isso, elas necessitam coletar néctar, pólen e resina, substâncias oferecidas pelas plantas. As plantas, no processo de absorção de água e nutrientes do solo por meio das raízes, podem acumular esses e outros metais que estejam no ambiente.

Dessa forma, estes materiais coletados pelas abelhas podem estar contaminados e, portanto, os produtos gerados por meio deles também estarão. Sendo assim, análises químicas e físicas permitem detectar e indicar a concentração de metais presentes no mel, cera e própolis e, assim, fornecem informações sobre os níveis de contaminação do ambiente em que as abelhas estão presentes.

Essas análises químicas e físicas são também utilizadas por órgãos de controle e fiscalização para investigar a segurança desses produtos. No entanto, não há legislação de estabelecimento mínimo da concentração de metais para os produtos produzidos pelas abelhas nativas sem ferrão,

somente para abelha-do-mel. Além disso, esses produtos podem ser adquiridos por meio de venda direta de produtores, o que abre espaço para comercialização sem controle de segurança e qualidade. Dessa forma, a contaminação ambiental e outras atividades antrópicas que possam alterar a qualidade do ambiente e, consequentemente, de produtos gerados através dele (mel, cera e própolis) pode ser prejudicial à economia e, principalmente, à saúde humana.



©Kaio Farias

Abelhas nas cidades: quais são e como podemos propiciar sua presença?

Como visto na seção 2, estudos vêm mostrando que o processo de urbanização afeta a presença de várias espécies de abelhas nos ambientes urbanos. No entanto, como algumas espécies podem sobreviver nestes ambientes? Quais são elas? O que podemos fazer para aumentar a diversidade nas nossas cidades?

As abelhas urbanas, ou seja, espécies que conseguem sobreviver em ambientes antropizados, como as cidades, geralmente possuem características que as permitem utilizar os recursos oferecidos por essas áreas. Por exemplo, a abelha-do-mel é capaz de construir ninhos em diversas construções abandonadas pelo o homem, como os telhados de casas.

Além disso, geralmente, são espécies sociais que constituem colônias perenes com um grande número de indivíduos e que se alimentam de inúmeras espécies de plantas encontradas nos ambientes urbanos, a exemplo da abelha nativa aripuá ou arapuá (*Trigona spinipes*). No entanto, há espécies solitárias que aproveitam estruturas de madeira, cavidades preexistentes em paredes de barro ou de alvenaria, como algumas espécies do gênero *Centris*.

Apesar dessas e outras espécies conseguirem ocupar os ambientes urbanos, a diversidade é baixa, comprometendo, portanto, os serviços ecossistêmicos prestados nesses ambientes.

Entretanto, as abelhas participam efetivamente da rede de interações que nos beneficia diretamente ou indiretamente. A perda dessa diversidade, então, significa a diminuição da quantidade e qualidade e o encarecimento de produtos agrícolas.

Outro ponto a se destacar é que esses insetos são fundamentais para a manutenção e diversidade vegetacional presente tanto nos meios urbanos quanto nos naturais. Nesse sentido, se faz necessário esforços governamen-

tais para a proposição de projetos de arborização e urbanização pensando no meio ambiente e nos serviços ecossistêmicos fornecidos pelas abelhas, além de incentivo a estudos que possam conhecer melhor a fauna urbana e propor formas de convivência sustentável.

Enquanto isso, nós viventes dos ambientes urbanos, podemos realizar algumas práticas que podem ajudar a manter ou aumentar a diversidade dessas abelhas. Nos canteiros e jardins plantar árvores com flores nativas da região e evitar o plantio de árvores exóticas (ressaltando que existem regulamentações municipais para a arborização urbana), visto que estas por não serem típicas do

ambiente podem oferecer riscos à fisiologia desses insetos. Manter locais de banho, que são estruturas que contém água para as abelhas poderem descansar e poderem se hidratar (lembrar de limpar regularmente o recipiente para não permitir a infestação de mosquitos causadores de doenças como o *Aedes aegypti* e ofertar estruturas utilizadas para a construção de ninho, como pedaços de madeira, barro, argila e até mesmo o plantio de árvores.

Vamos fazer um teste?

Uma forma de compreendermos a importância da diversidade de abelhas para nosso meio ambiente, é observá-las. E onde nós podemos encontrá-las? Bom, já que estamos falando de abelhas, o melhor local para encontrá-las é nas flores.

Nesse teste, é necessário que você encontre uma ou mais flores e as observe, ao menos por 10 minutos. Veja quantas abelhas e outros insetos estarão fazendo sua visita. Observe a variedade de tamanhos, cores e formas. São inúmeras! Para garantir uma melhor comparação, fotos podem ser tiradas durante a observação.

Lembrando que nem sempre será possível realizar o registro logo na primeira tentativa, se faz necessário um pouco de paciência. Outro ponto importante é que elas não estarão visitando as flores em todos os horários ao longo do dia, a maioria das abelhas prefere o horário da manhã, logo quando a maior parte das flores abrem, outras têm preferência por flores que abrem no início da noite, desta forma, algumas são chamadas de abelhas noturnas.

Estes seres vivos nos trazem muitas informações sobre como nosso ambiente se encontra. É importante mantê-las próximas, tal qual manter as estruturas de florestas naturais que as abrigam em áreas urbanas.

Revisando com o Ciclopinho

- As abelhas são bastante diversas e essenciais ao planeta;
- Abelhas e seus produtos são excelentes bioindicadores ambientais;
- A urbanização é um dos grandes responsáveis pelo declínio mundial das abelhas.



CAPÍTULO 10

CIENTISTA POR UM DIA:

COMO É SER UM PESQUISADOR DE BIOINDICADORES?



©Kaio Farias

Yago Araújo de Melo
Karine Figueiredo Rito Silva
Simone Maria de Albuquerque Lira
Mauro de Melo Júnior

Capítulo 10: Cientista por um dia: Como é ser um pesquisador de bioindicadores?

Ao longo dos anos, cientistas estão estudando os bioindicadores e como estes desempenham papéis tão importantes na natureza. Para ser um(a) pesquisador(a) de bioindicadores por um dia, você não precisa ir muito longe, basta observar com atenção os seres que estão à sua volta.



Vamos ao parque ou à praia?

Você já deve ter percebido que não está sozinho na natureza. Não precisa ser um renomado cientista para notar isto. Basta olhar pela janela e ver as árvores ao longo da quadra



ou no parque, as copas balançando com o vento. Se fechar os olhos e prestar atenção, conseguirá escutar a melodia dos insetos e pássaros ou o barulho das ondas quebrando nas rochas ou areia, à beira da praia.

À noite, grilos, sapos e rãs cantam no escuro. No teto do seu quarto, algum besouro ou aranha aparece e você nunca a viu antes: mas ela veio caminhando da vegetação do terreno vizinho, onde centenas de outros insetos coloridos e diferentes se escondem. Ao abrir a janela, uma pequena abelha preta entra zunindo, checa o vaso de flores na mesa de cabeceira, e logo em seguida sai para avisar às outras abelhas que o seu quarto é, provavelmente, uma boa fonte de

alimento para a colmeia. Se prestar bem atenção, você vai perceber que está bem no meio da natureza, e mais interessante ainda: faz parte dela.

Ao longo deste livro vimos a importância que as florestas, solos, oceanos, praias, lagos e rios desempenham para nós. Passamos pela contribuição oculta dos organismos e ficamos conhecendo um pouco sobre o papel importantíssimo das abelhas como gestoras da saúde das plantas nos centros urbanos. Neste capítulo, vamos aprender juntos, de uma forma prática, a reconhecer os organismos bioindicadores e indicativos ambientais do bem-estar da natureza em nossos próprios bairros

ou quarteirões, sem precisar ir muito longe. Tudo começa com a investigação do local. Então, que tal mergulhar em mais um capítulo e se tornar um cientista por um dia?



Vários organismos interessantes podem ser encontrados em lugares como praias ou mesmo parques.

Que tal checar como anda a saúde do seu bairro?

1. Passo a passo de uma pesquisa – Para ser um pesquisador de bioindicadores precisamos planejar e aplicar uma metodologia no campo de estudo. Mas, antes disso, precisamos da seguinte pergunta propulsora: será que o nosso parque ou praia em questão está saudável?
2. Como conduzir uma pesquisa em campo? Não existe grande segredo! Uma pesquisa na ciência é

uma etapa para explorar e compreender como se encontra o meio ambiente, incluindo os organismos que o habitam. Prepare-se bem, leve água, lanche em sua mochila e vá com a mente disposta a investigar. Existem alguns objetos que você pode adicionar para ajudar na sua aventura.

Binóculos podem auxiliar na observação de flores altas, pássaros ou outros animais nas copas das árvores;

Leve um lápis e vá registrando o que achar interessante. Há muito o que ver!

Fazer esquemas, desenhos ou anotações em um caderno pode ser bastante útil.

A lupa ajuda a ver melhor os animais e até algumas espécies de algas e plantas menores que existem nas praias!

Aproveite e leve seu celular ou câmera para tirar belas fotos. Por que não? Existem sites que auxiliam na identificação de plantas e animais comuns.



Alguns utensílios que você vai precisar para explorar o ambiente à sua volta. Fonte autoral.

Praias

Muitas das vezes que pensamos no verão, pensamos logo na praia. A praia é um ambiente natural, localizado na costa litorânea, onde ocorre o encontro do mar com a terra, chamado de área costeira. Muita gente deve ter se questionado, ao menos uma vez na vida, como que tanta areia ficou junta, mas a explicação se dá pelo acúmulo de sedimentos que ocorre através do ir e vir das ondas do mar. O que poucas pessoas sabem é que as praias possuem grande importância para o meio ambiente.

As praias são grandes protetoras de todo ambiente litorâneo, impedindo que o mar avance nos bairros e cidades. Sabe como se chama a vegetação das praias, geralmente representada por vegetação rasteira?

Se chama Restinga, e está presente em praticamente todo litoral brasileiro. É também por

conta dessa vegetação que a areia não é arastada para fora da praia, o que ajuda a impedir o avanço do mar.

Já ficou mais que nítida a importância desse ecossistema, porém as praias estão sofrendo grandes ameaças. A poluição, a construção de imóveis, o aquecimento global e outros problemas estão causando um desequilíbrio ambiental tremendo, o que acaba afetando nossa qualidade de vida e a do planeta também.

Alguns organismos são bastante sensíveis à poluição das praias, por exemplo, sendo ótimos indicadores da saúde do ambiente. É o caso, por exemplo, do caranguejo maria-farinha, que pode ser

visto construindo tocas na areia seca. Outros tipos de crustáceos indicadores do bom estado de uma praia podem ser localizados mais próximos à água - os tatuís e as pulgas da praia tendem a sumir à medida que a poluição da praia aumenta. Além disso, a presença de plantas como mangues e beldroegas-da-praia (onze horas), indicam uma maior preservação de ambientes manguezal e restinga, tidos como essenciais para diversos seres vivos e para a integridade do ambiente costeiro.

Dessa forma, é muito importante que a população conserve ainda mais esse ambiente. Algumas práticas simples, como



jogar o lixo no local correto e evitar o uso exagerado de plástico, ajudam na conservação do meio ambiente. Recolher alguns elementos plásticos nas praias, mesmo que não sejam nossos, é agir com consciência ambiental. É nosso dever cuidar do planeta, para que no futuro todos possam desfrutar da beleza das praias.



Áreas Verdes Urbanas

Parques urbanos, assim como outras áreas verdes, são conhecidos por minimizar o efeito do calor, típico de metrópoles ou ambientes muito urbanizados. Mas, muito além disso, estudos também apontam a importância destas denominadas “Áreas Verdes Urbanas” (em inglês, *Urban Green Spaces* ou *UGS*) para o resfriamento de zonas circunvizinhas nas cidades. Áreas mais amplas, de maior cobertura vegetal, como os

Você já notou quantos animais e plantas diferentes podem ser encontrados em uma praia?

parques, hortos e jardins botânicos, conseguem estender este efeito para até alguns hectares de distância. Alguns exemplos dessas áreas são o Parque Estadual de Dois Irmãos (Pernambuco), o Parque Ibirapuera (São Paulo), Parque Nacional da Tijuca (Rio de Janeiro), Parque Malwee (Santa Catarina) e o Parque Estadual Dunas (Rio Grande do Norte).

À parte disso, uma série cada vez mais crescente de cientistas e

profissionais da saúde, com base na psicologia e neurociência, têm concordado que o escape do ambiente de trabalho estressor para áreas de contato com a natureza gera inúmeros benefícios, como melhor desempenho cardíaco, hormonal e respiratório.

Desta forma, o papel dos parques urbanos no bem-estar dos cidadãos tem se tornado cada vez mais claro com o avanço dos estudos, e a implementação de mais áreas verdes em zonas

Relaxar na praia é bom, mas um passeio no parque também tem muitos benefícios!





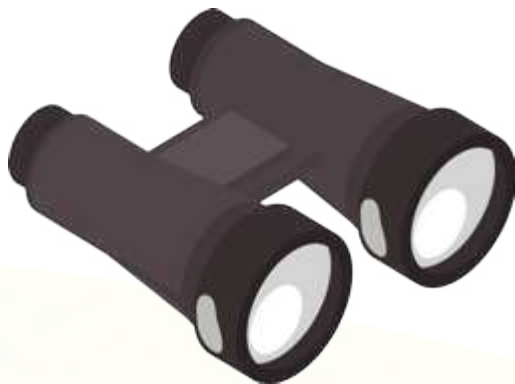
desnudadas pode ser a chave para o desenvolvimento de moradores mais saudáveis e eficientes.

Vivendo nos parques, estão uma série de organismos que também podem nos ajudar a identificar se o lugar está passando por apuros. Por serem, muitas vezes, diretamente inseridos nas cidades, a presença de pombos, urubus, baratas, ratos e escorpiões pode indicar presença de pontos de lixo ou entulhos próximos. Cães e gatos de rua também podem indicar desequilíbrio urbano e ambiental. Todos estes são animais que vivem em lugares sujos, indicam uma má qualidade do ambiente. Por outro lado, organismos como os líquens, associação entre algas e fungos (ver o *Líquen-Lindico*, no Capítulo 2, Hall dos Bioindicadores), são sensíveis à má qualidade do ar e sua presença em troncos de árvores pode significar um bom sinal.



Da mesma forma, bromélias, alguns insetos e aves coloridas, e anfíbios, como rãs e pererecas, geralmente só aparecem em parques e demais áreas verdes relativamente limpos.

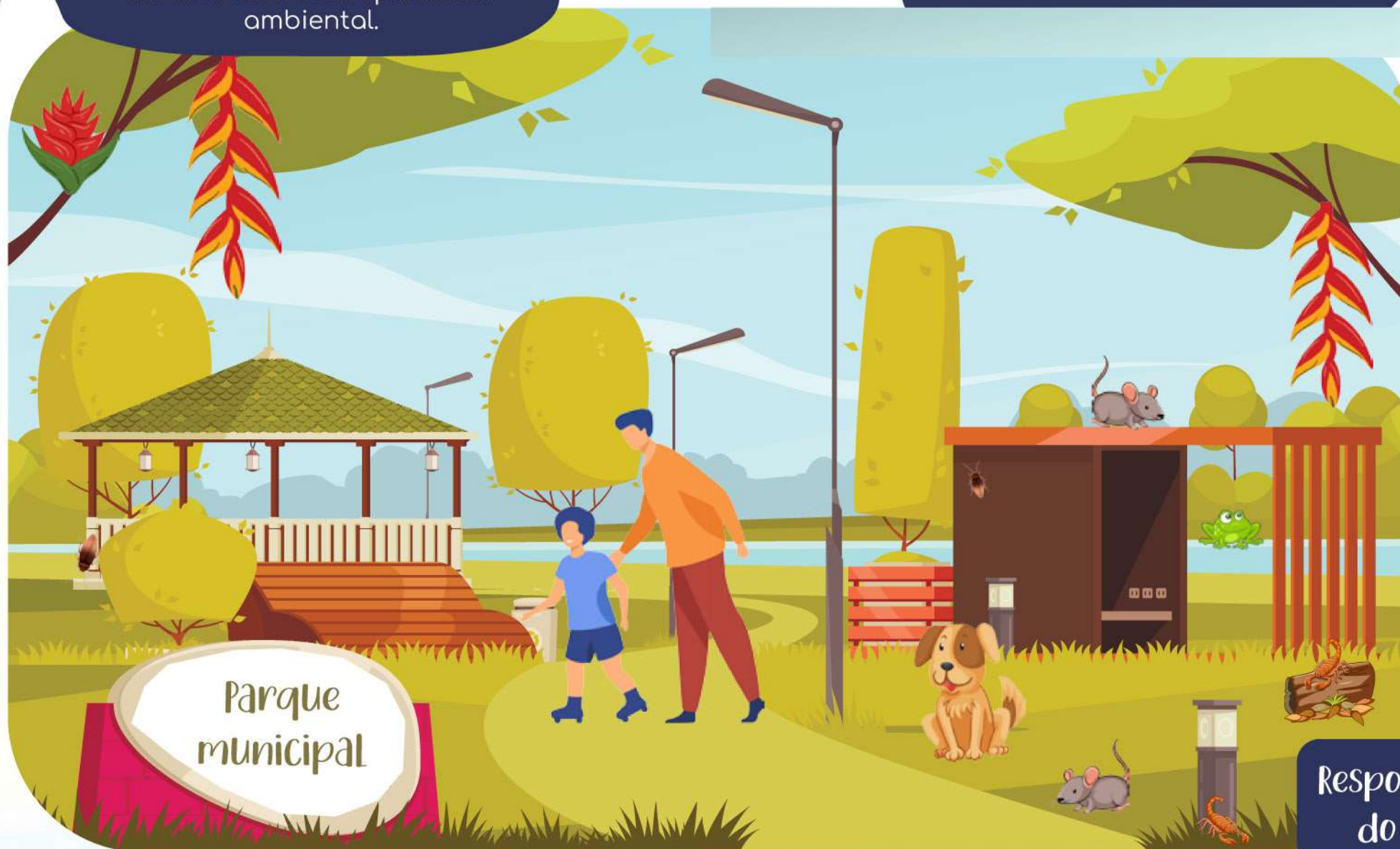
Alguns seres vivos podem ser bioindicadores da saúde do ambiente, mesmo em parques urbanos ou nas praias.



Você consegue identificar quais são esses organismos na imagem a seguir?

Resíduos sólidos espalhados e sem o devido acondicionamento, gases poluentes liberados por indústrias e veículos e esgoto a céu aberto podem ser fortes indicativos de má qualidade ambiental.

Fique atento também a evidências de poluição humana.



Parque
municipal

Respostas no fim
do capítulo

Observe atentamente: Quantos organismos bioindicadores você consegue encontrar na imagem?

Observe atentamente: Quantos organismos bioindicadores você consegue encontrar na imagem?

Que tal aplicar tudo o que aprendeu até agora e pesquisar os bioindicadores onde você mora?

Mãos à obra!

(FICHA DE INVESTIGAÇÃO)

Nome:

Escola:

Série:

Estado:

Bairro:

Local: () Parque () Praia

Ao lembrar dos organismos que foram apresentados ao longo deste livro, quantos e quais organismos bioindicadores de boa qualidade ambiental você consegue localizar no seu local de estudo? (Some 10 pontos para cada organismo catalogado)

_____ (10 pontos)

_____ (10 pontos)

_____ (10 pontos)

_____ (10 pontos)

_____ (10 pontos)

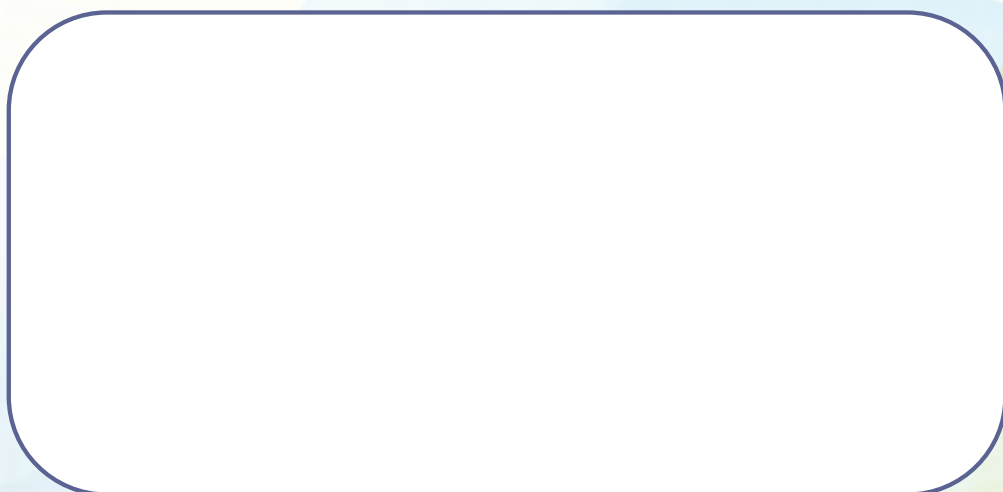
_____ (10 pontos)

_____ (10 pontos)
_____ (10 pontos)
_____ (10 pontos)
_____ (10 pontos)

Quantos pontos você conseguiu até agora? Mas, como bons pesquisadores, não podemos deixar de lado algumas coisas... Há evidências de poluição humana no ambiente estudado? (Retire 20 pontos para cada item observado)

Despejo indevido de esgoto () -20 pontos
Lixo a céu aberto () -20 pontos
Poluição atmosférica/industrial () -20 pontos

Agora é hora de calcular e conferir o resultado da sua pontuação!



PONTUAÇÃO/DIAGNÓSTICO DA PRAIA OU PARQUE

Até 20 pontos (O meio ambiente pedindo socorro) - Bom trabalho! Você conseguiu perceber que existe vida para além dos muros da sua casa. Não é fantástico? Localizou alguns organismos em sua pesquisa, mas não se iluda: há muitos mais escondidos. Muitos deles não ficam à vista e se escondem da presença humana, pois se sentem ameaçados. Tente achá-los em outra oportunidade. Talvez não tenha notado antes, mas à esta altura consegue compreender o problemão que a ação humana inconsequente pode causar à dinâmica dos seres vivos que ali vivem. Graças à sua perspicácia pudemos observar que alguns seres vivos do ambiente de estudo podem estar em sérios apuros. Se pudesse, como mudaria esse cenário?

21-50 pontos (Você está indo bem!) Tem algo diferenciado em você! Localizou uma quantidade razoável de organismos bioindicadores, o que significa que seu sentido de pesquisador está se desenvolvendo bem. Olhe à sua volta com mais atenção e perceba que a curiosidade é uma dádiva que te faz perceber coisas incríveis.

51-70 pontos (Uau! Muito bem!) Veja a quantidade de organismos que conseguiu encontrar na nossa pequena aventura! Incrível. Agora já está clara a enorme diversidade de vida tão perto de sua casa! A simples presença deles pode indicar um ambiente sadio, apesar da ocupação humana, mas muito mais pode ser investigado. Você é um excelente investigador, continue com o olhar aguçado.

71-100 pontos (O ambiente parece respirar tranquilo) Um pesquisador nato! Você não apenas conseguiu identificar vários organismos bioindicadores, como pôde verificar que este é um ambiente mais saudável! Veja só quantos organismos existem em um lugar tão próximo de casa! É fantástico, não? Uma alta pontuação também evidencia que o local não está diretamente prejudicado com despejos humanos e parece vibrar com vida e tranquilidade. Quem dera fosse assim em todos eles, não é mesmo?

Os bioindicadores do nosso parque

Você conseguiu identificar todos os organismos na imagem? Aqui estão eles: 1 - Bromélias; 2 - Pererecas; 3 - Ratos; 4 - Baratas; 5 - Escorpiões.



Revisando com o Ciclopinho

- Para ser um cientista, é necessário se envolver em uma pesquisa;
- Respeitar e proteger as praias ajuda a proteger nosso litoral;
- Parques urbanos possuem várias utilidades para a saúde humana e do ambiente;
- Áreas verdes urbanas podem ser a chave para o desenvolvimento de humanos e animais mais saudáveis



Sobre os autores

Alef Jonathan da Silva

Doutorando em Ecologia e Recursos Naturais, pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), desde 2019. É biólogo licenciado pela Universidade de Pernambuco (UPE) e Mestre em Ecologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Tem grande curiosidade sobre o universo que nos rodeia e interesse em entender as consequências dos impactos causados pelos seres humanos nos ecossistemas aquáticos. Durante o momento de escrita do livro, trabalhava avaliando os impactos sofridos por organismos planctônicos em decorrência de um derramamento de óleo que atingiu o litoral brasileiro no ano de 2019.



Aline de Oliveira Lira

Doutoranda em Entomologia na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) desde 2020. É agrônoma (2013) e Mestra em Zoologia (2018) pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Apaixonada por besouros, trabalha com sistemática e história natural de gorgulhos da família Curculionidae. Durante a escrita do livro, investigava em sua tese de Doutorado a incrível relação entre um grupo de gorgulhos e as embaúbas, suas plantas hospedeiras.



Ana Carolina Borges Lins e Silva

Formada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1996), Mestra em Ecologia pela University of Durham, Inglaterra (1997) e Doutora em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2010). É professora da Universidade Federal Rural de Pernambuco desde 1998, no Departamento de Biologia, Área de Ecologia. Atua nas áreas de Ecologia de Comunidades de plantas, Conservação da Biodiversidade e Ecologia de Paisagens na Mata Atlântica.



Claudilvia Ferreira dos Santos

Mestra em Zoologia pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). É Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí (UFPI) e desde a graduação é apaixonada por mamíferos não-voadores, onde desenvolveu inventários em áreas fragmentadas de Cerrado/Coatinga. Durante o mestrado realizou a revisão taxonômica de marsupiais do grupo "Parvidens" do gênero *Marmosops* e descreveu uma nova espécie, a qual recebeu o nome de *Marmosops marina*. Durante a escrita do livro era professora do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).



Cristiane Maria Varella de Araújo de Castro

Professora de Ecofisiologia Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), é formada em Bacharelado em Ciências Biológicas pela mesma universidade (1999) e possui pós-doutorado em Ecotoxicologia Aquática, pela Universidade Federal de Pernambuco (2011). Acredita que a Ecotoxicologia será uma grande aliada na Gestão Ambiental e na preservação das espécies. É responsável pela parte de Ecotoxicologia do Laboratório de Ecofisiologia e Comportamento Animal do Departamento de Morfologia e Fisiologia



Animal da UFRPE.

Daniel Moura Silva

Doutorando em Estatística pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Mestre em Ciências pela Universidade de Gante e Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco e Universidade Eötvös Loránd. Atualmente trabalha com Ciências Forense, Ciências Ambientais e Modelagem estatística.



Elizangela Alves dos Santos

Mestra em Ecologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), especialista em Saúde Coletiva pela Faculdade Venda Nova do Imigrante (FAVENI) e bióloga licenciada pela Universidade de Pernambuco (UPE). Durante a escrita do livro trabalhava com pesquisas de monitoramento de recursos naturais com foco na contaminação por resíduos sólidos e poluentes emergentes (microplásticos) e seus impactos em um estuário antropizado.



Elton John Oliveira Galdino

Mestrando em Entomologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). É licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Atualmente está vinculado ao Laboratório de Hymenoptera - LabHym da UFRPE e desenvolve pesquisas acerca da biodiversidade de um grupo de vespas herbívoras da Mata Atlântica de Pernambuco.



Evandro José dos Santos

Professor de Biologia da Secretaria de Educação de Alagoas (SEDUC-AL), licenciado pela Universidade de Pernambuco (UPE). Ama a biologia, a vida e os insetos. No momento de escrita desse livro, era mestrando em Entomologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), vinculado ao laboratório de Hymenoptera - LabHym e bolsista CAPES.



Flávio de Almeida Alves Júnior

Mestre e Doutor em Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Possui graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas (2009) e Licenciatura em Geografia (2013). Atualmente sou Professor Visitante da Universidade Federal do Pará (UFPA), no Núcleo de Ecologia Aquática e Pesca (NEAP-UFPA), atuando nas áreas de Manejo de Recursos Pesqueiros, Ecologia Aquática e Diversidade e Ecologia de Crustáceos de Águas Continentais e Marinhas da Região Norte do Brasil, com ênfase no Grande Sistema Recifes de Corais Amazônicos. Apaixonado pelo mar e suas riquezas biológicas, o qual me dedico pela conservação dos mares e oceanos para as futuras gerações.



Heitor Spinelli Montenegro

Mestre em Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), desde 2021. Possui graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco com período sanduíche na Universidade de Milão. Trabalha na área de Ecotoxicologia Marinha realizando bioensaios com microcrustáceos

Jade Beatriz Alves da Silva

Mestra em Biodiversidade pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), desde 2022. Possui graduação em Bacharelado em Ciência Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Atuou em pesquisas com comunidade de peixes ósseos costeiros e ictioplâncton. Atualmente trabalha na área de pesquisa com crescimento de tubarões e raias. Apaixonada pela área de zoologia, e pelo contato direto com a natureza. Na época da escrita do livro, foi bolsista de mestrado CAPES.



Josefa Inayara dos Santos Silva

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco (UPE) e especialista em Ensino de Biologia pela Universidade Cândido Mendes (UCAM). No momento da escrita desse livro, era mestranda em Biodiversidade e Conservação pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), sendo vinculada ao Laboratório de Ornitologia - Neotropica Ornitolab, onde investigava os efeitos da implementação de parques eólicos na diversidade de Aves de Rapina em uma área de Caatinga.



Josefa Luana de Aguiar Silva

Mestra em Ecologia e Professora de Biologia formada pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Durante a escrita do livro foi Doutoranda em Biodiversidade na mesma instituição, onde desenvolveu pesquisas com organismos planctônicos em reservatórios de água doce e como as mudanças climáticas afetam a dinâmica dos organismos no ecossistema.

Josival Francisco Araújo

Biólogo pela Universidade de Pernambuco (UPE/2019) e mestre em Entomologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/2022). Desenvolve pesquisas com ecologia e taxonomia de besouros rola-bosta (Scarabaeinae) e Passalidae da Floresta Atlântica. É cofundador do projeto de divulgação científica A Bordo do Beagle (IG @abordodobeagle). Na época da escrita do livro, foi mestrando em Entomologia pela UFRPE e bolsista CNPq.



Kaio Henrique Farias da Silva

Doutorando em Oceanografia, pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), desde 2022. É Biólogo, Mestre em Oceanografia (UFPE/2022) e Ilustrador (CODAI-UFRPE/2021). Fascinado pela vida e a arte que a natureza pode inspirar. Concilia a vida de cientista com a paixão pela ilustração, participando na escrita e ilustrações didáticas deste livro. Sua pesquisa busca compreender como a energia flui nas cadeias alimentares marinhas (desde o bacterioplâncton até o mesozoplâncton) nas ilhas oceânicas do Nordeste e costa brasileira.



Karine Figueiredo Rito Silva

Estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, desde 2020. Amante da natureza desde que se entende por gente, apaixonada pela área de genética forense, defensora da equidade de gênero na ciência e idealizadora do "Mulheres na Ciência - UFRPE". Enquanto contribuiu com a escrita deste livro, foi bolsista de Extensão PROExC UFRPE, com o projeto "Meninas na ciência e o empoderamento científico por meio da Oceanografia e Limnologia".



Lilliane dos Santos Maia Bruz

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Ceará (UFC/2013), Mestra em Agronomia/Fitotecnia (área de concentração em Entomologia) pela (UFC/2015), Doutora em Ciências do Solo, pela Universidade Federal do Paraná (UFPR/2021). Atua nas áreas de Ciências do solo, com ênfase em macrofauna edáfica, Biologia do Solo, Conservação do Solo e Bioindicadores. Amante da natureza e de todas as formas de vidas. Doutora, Pesquisadora, Reikiana, Taróloga, amante dos estudos místicos e das sabedorias antigas, Mãe, Esposa, Guardiã de Gaia, eterna aprendiz nessa existência. Atualmente desenvolvendo projetos autônomos de Integração "homem e a natureza" coabitando em espaço saudável e sustentável, com implementação da permacultura, calendário biodinâmico, reflorestamento de áreas degradadas, recuperação do solo, estudo quântico (relação homem/natureza) desenvolvendo um olhar sistêmico para o meio ambiente.



Luciana Pinto Sartori

Bióloga, Pedagoga e Licenciada em Letras-
Inglês, com Mestrado e Doutorado em Zoologia
e pós-doutorado na Oceanografia Biológica
e apaixonada pela natureza, pelos animais
e pela área de Educação. Atualmente
trabalhando com o ensino de Ciências e
Biologia em inglês e educação bilíngue.



Marcella Guennes Tavares de Oliveira

Doutoranda em Etnobiologia e Conservação
da Natureza na Universidade Federal Rural de
Pernambuco (PPGEtno/UFRPE), desde 2021.

É formada em bacharelado em Ciências
Biológicas pela Universidade Federal
de Pernambuco (UFPE/2017), mestre em
Botânica pela Universidade Federal Rural de
Pernambuco (UFRPE/2020) e técnica em Meio
Ambiente pelo Colégio Agrícola Dom Agostinho
Ikas (CODAI/UFRPE/2022). Atualmente é bolsista

CAPES e trabalha com temas relacionados ao
fitoplâncton marinho, mudanças climáticas e áreas costeiras.



Marcos Antonio Lima Matoso

Mestre em Biodiversidade pela Universidade
Federal Rural de Pernambuco (PPGBio/UFRPE),
em 2022, e Bacharel em Ciências Biológicas,
também pela UFRPE. Apaixonado pelos
mares e oceanos, curte bastante toda
forma de vida existente nesses ambientes,
principalmente os invertebrados. Durante
seu mestrado, foi bolsista CAPES e estudante
da disciplina de Bioindicadores Ambientais ao
qual resultou na produção deste livro incrível.



Maria Myllena Oliveira da Cruz

Doutoranda em Biodiversidade pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, desde de 2022. É bióloga licenciada e Mestre em Biodiversidade pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Desde pequena é apaixonada pelos seres vivos e sonhava em proteger o meio ambiente. Durante a graduação conheceu o plâncton, amou e passou a desenvolver trabalhos sobre bioindicação e ecologia de zooplâncton, mortalidade não predatória e processos vitais de copépodes em ambientes estuarinos e oceânicos. Durante a escrita do livro era estudante de mestrado (bolsista FACEPE) e da disciplina de Bioindicadores ambientais.



Mauro de Melo Júnior

Professor de Zoologia e Biologia Marinha da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), é formado em bacharelado em Ciências Biológicas pela mesma universidade (2002) e possui doutorado em Ciências, pela Universidade de São Paulo (2009). Ama o plâncton, os ecossistemas aquáticos e os manguezais. É coordenador do Laboratório de Ecologia do Plâncton, do Departamento de Biologia da UFRPE. Foi o idealizador do livro e o responsável pela disciplina de Bioindicadores Ambientais, que inspirou o primeiro manuscrito desta obra.



Paulo Henrique Oliveira de Miranda

Bacharel em Ciências Biológicas e Mestre em Biodiversidade e Conservação, ambos pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, onde desenvolveu pesquisas sobre efeitos tóxicos de metais pesados em plantas, do ponto de vista bioquímico e fisiológico, como também pesquisas de remediação química utilizando produtos naturais. Atualmente é doutorando em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco, e também atua em programa de reflorestamento e recuperação de nascentes na Caatinga pernambucana.



Pedro Augusto Mendes de Castro Melo

Professor do Departamento de Oceanografia (DOCEAN) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), ministrando disciplinas nos cursos de Oceanografia, Biologia e Ciências Ambientais. É formado em bacharelado em Ciências Biológicas/Ambientais na UFPE (2006) e possui mestrado (2009) e doutorado (2013) em Oceanografia, também na UFPE. Encantando pelo mar desde sempre e apaixonado por seus habitantes microscópicos e o incrível papel que desempenham. É membro dos Laboratórios de Fitoplâncton e de Zooplâncton do DOCEAN e utiliza os organismos do plâncton como Bioindicadores Ambientais desde o início de sua carreira.



Pedro Eugenio Silva da Costa



Aluno de mestrado no Programa de Pós-graduação em Entomologia (PPGE) da Universidade Federal Rural de Pernambuco e bacharel em Engenharia Florestal pela mesma instituição (UFRPE). É integrante do corpo de alunos do Laboratório de Hymenoptera (LabHym), fascinado por insetos, especialmente abelhas e sua ecologia. Sua pesquisa busca compreender como diferentes formações florestais distribuídas em uma paisagem antropizada podem influenciar na estrutura de assembleias das abelhas-das-orquídeas (*Euglossina*) na Área de Proteção Ambiental Aldeia-Beberibe (PE).

Sigrid Neumann Leitão

Professora Titular do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). É Engenheira de Pesca (UFRPE) e doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo (1994). Atua na área da Oceanografia e tem paixão pela Ecologia, com ênfase no Zooplâncton. Leciona várias disciplinas, destacando-se a de Bioindicadores Ambientais, na pós-graduação.



Simone Maria de Albuquerque Lira

Pós-doutoranda na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pelo departamento de Oceanografia, é formada em bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) (2008) e mestrado e doutorado em Oceanografia pela UFPE (2013 e 2017). Ama o zooplâncton, os ecossistemas aquáticos e ilhas oceânicas, trabalhando principalmente com ecologia e conectividade do zooplâncton e outros invertebrados comparando ilhas e áreas costeiras do nordeste do Brasil.



Viviane Lúcia dos Santos Almeida de Melo



Professora de Zoologia com ênfase nos Invertebrados da Universidade de Pernambuco/Campus Mata Norte (UPE/CMN), é formada em bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) (2002) e possui doutorado em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (2011). Adora Limnologia, Zoologia e Zooplanctologia, e trabalha, principalmente, com comunidades planctônicas de águas continentais e o ensino de Zoologia. É coordenadora do Laboratório de Zooplâncton (LabZoo) da UPE/CMN.

Yago Araújo de Melo

Doutorando em Sistemática, Taxonomia Animal e Biodiversidade no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) desde 2023. Mestre em Biodiversidade pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/2023) e bacharel em Ciências Biológicas pela mesma universidade (UFRPE/2019). Atualmente trabalha com taxonomia, filogenia e ecologia de anêmonas-do-mar. Ilustrador e divulgador científico (IG @ yagomelo.design). Durante a construção deste livro, era bolsista CAPES e cursava a disciplina Biodiversidade Ambientais.



Yuri Virgilio dos Santos

Estudante de licenciatura em Ciências Biológicas, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, desde 2018. Enquanto contribuiu com a escrita deste livro, foi bolsista de Iniciação Científica do CNPq.



Bibliografia consultada

ABROL, Dharam P. 2012. Pollinators as bioindicators of ecosystem functioning. In: *Pollination Biology*. Springer, Dordrecht. p. 509-544. 792 p.

AGUIAR, Luara Louzada; ANDRADE-VIEIRA, Larissa Fonseca; OLIVEIRA, José Augusto. 2016. Evaluation of the toxic potential of coffee wastewater on seeds, roots and meristematic cells of *Lactuca sativa* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 133: 366-372.

ALLABY, Michael. 1992. *The concise Oxford Dictionary of Zoology*. Oxford: Oxford University Press. 512 p.

ALTAF, Javario; QURESHI, Nareen Aziz; SIDDIQUI, Muhammed Javed Iqbal. 2017. Terrestrial snails as bioindicators of environmental degradation. *J. Biodiv. Environ. Sci*, 10: 253-264.

AMÂNCIO, Suélen et al. 2008. *Columba livia* e *Pitangus sulphuratus* como indicadores de qualidade ambiental em área urbana. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 16(1): 32-37.

BALDISSERA, Ronei et al. 2020. Spider assemblage structure and functional diversity patterns in clearcut, logged, and undisturbed areas in a

large Atlantic Forest remnant. *Canadian Journal of Forest Research*, 50(7): 608-614.

BARGAŃSKA, Żaneta et al. 2015. Honey bees and their products - Bioindicators of environmental contamination. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(3): 235-248.

BEZERRA, Lucas Teles. 2021. Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) in the Arboretum of Alagoas State, Brazil. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, 4(3): 3248-3268.

BELLAN G. 2008. Pollution Indices. *Encyclopedia of Ecology* 5: 2861-2868.

BOGONI, Juliano André; DA SILVA, Pedro Giovâni; PERES, Carlos A. 2019. Codeclining mammal-dung beetle faunas throughout the Atlantic Forest biome of South America. *Ecography*, 42(11): 1803-1818.

BOLLMANN, Moritz et al. 2010. *World Ocean Review: Living with the Oceans*. 232p.

BRUSCA, Richard C., MOORE, Wendy; SHUSTER, Stephen M. 2018. *Invertebrados*. Tradução Carlos Henrique de Araújo Cosendey. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1254 p.

BÜCHS, Wolfgang. 2003. Biodiversity and agrienvironmental indicators—general scopes and skills with special reference to the habitat level. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98(1-3): 35-78.

BUSS, Daniel Forsin; BAPTISTA, Darcílio Fernandes; NESSIMIAN, Jorge Luiz. 2003. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Cad. Saúde Pública*, 19(2): 465-473.

CALISI, A. et al. 2014. Metallothionein induction in the coelomic fluid of the earthworm *Lumbricus terrestris* following heavy metal exposure: a short report. *BioMed research international*, 2014: article ID 109386, 6 p.

CARVALHO, Paula Guimarães et al. 2011. Abundância e biomassa de lianas em um fragmento de floresta Atlântica. *Hoehnea*, 38(2): 307-314.

CASAGRANDE, Júlia Apolinária; FRANÇA, Luma Ferreira; FORTUNA, Jorge Luiz. 2019. Sensibilizando estudantes do ensino fundamental sobre a conservação das praias utilizando atividades microbiológicas. *Brazilian Journal of Development*, 5(6): 7199-7210.

CATÁLOGO Taxonômico da Fauna do Brasil. 2021. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2>>. Acesso em: 12 Dez. 2021.

CINTRA, P.; MALASPINA, O.; BUENO, O. C. 2005. Plantas tóxicas para abelhas. *Arquivos do Instituto Biológico*, 72(4): 547-551.

CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes. 2002. Potencial de utilização dos atributos das comuni-

dades de fauna do solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas. Embrapa agrobiologia, Seropédica, Documentos 157, 23p.

COSTA, Alessandra Corveloni da et al. 2015. Cito toxicidade das águas do Rio do Peixe (São Paulo-Brasil), em células meristemáticas de raiz de *Allium cepa* L. Biosci. j.(Online), 31(1): 248-258.

LIMA, Sandra Santana et al. 2010. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. Pesquisa agropecuária brasileira, 45(3): 322-331.

DINIZ, Tamiris de Oliveira. 2020. Abelhas como bioindicadores ambientais. IN: OLIVEIRA-JÚNIOR, José Max Barbosa; CALVÃO, Lenize Batista (Orgs).A interface do conhecimento sobre Abelhas 2. 2 ed. Ponta Grossa: Atena. 207p.

NOGUEIRA, André Amaral; PINTO-DA-ROCHA, Ricardo. 2016. The effects of habitat size and quality on the orb-weaving spider guild (Arachnida: Araneae) in an Atlantic Forest fragmented landscape. The Journal of Arachnology, 44(1): 36-45.

FONSECA, Vandrê. 2016. Pesquisadores desenvolvem biomarcadores para monitorar contaminação por mercúrio. O eco, Notícias on line, 4 mai. 2016.

GAZONATO, Antonio José et al. 2014. Zooplankton communities as eutrophication bioindica-

tors in tropical reservoirs. *Biota Neotropica*, 14(4): e20140018.

HERRERO-LATORRE, Carlos et al. 2017. The use of Honeybees and honey as environmental bioindicators for metals and radionuclides: a review. *Environmental Reviews*, 25(4): 463-480.

HOLT, Emily A.; MILLER, Scott W. 2010. Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts. *Nature Education Knowledge* 3(10): 8.

LEON, Lucas Lopes et al. 2020. Poluição dos ecossistemas marinhos brasileiros: uma breve revisão sobre as principais fontes de impacto e a importância do monitoramento ambiental. *Unisanta BioScience*, 9(3): 166-173.

LIMA, Bruno Aparecido de Almeida; LIBÓRIO, Matheus Pereira; HADAD, Renato Moreira. 2018. Análise espaçotemporal do crescimento de macrófitas e sua aplicação no monitoramento da qualidade da água. *Ra'Ega - O Espaço Geográfico em Análise*, 45(1): 45 -57.

LIMA, Dayvison Felismindo et al. 2021. A concha do mexilhão *Perna Perna*: presença de impurezas e espessura em diferentes condições ambientais. *Nature and Conservation*, 14(3): 42-51.

LOUZADA, Júlio N. C. 2001. Bioindicadores de qualidade ambiental. Departamento de Biologia, UFL. V Congresso Brasileiro de Ecologia. Porto Alegre, RS.

MACHADO, Angelo Barbosa Monteiro et al. 2008. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Volume I. Belo Horizonte: Editora Rona Ltda. 511 p.

MARTINS, Raphael Tavares Pacheco; ARAÚJO, Ronaldo de Sousa. 2014. Benefícios dos parques urbanos. *Perspectivas online: humanas & sociais aplicadas*, 10(4): 38-44.

MOURA, Jailson Fulgencio de et al. 2011. A interface da saúde pública com a saúde dos oceanos: produção de doenças, impactos socioeconômicos e relações benéficas. *Ciência & Saúde Coletiva*, 16: 3469-3480.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. Water cycle. 2017. Disponível em: <http://science.nasa.gov/earthscience/oceanography/ocean-earthssystem/ocean-water-cycle/>. Acesso em: 20 Jul. 2021.

NASCIMENTO, Andreia Santos do et al. 2018. Honey from Stingless Bee as Indicator of Contamination with Metals. *Sociobiology*, 65(4): 727-736.

NITHYATHARANI, R; KAVITHA, U.S. 2018. Termite soil as bio-indicator of soil fertility. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 6(1).

NUNES, Gleisse Kelly Meneses; SANTOS, S. B. dos. 2012. Environmental factors affecting the distri-

bution of land snails in the Atlantic Rain Forest of Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 72(1): 79-86.

ODUM, Eugene. 1988. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 446p.

OLIVEIRA, Luiz Waldemar de. 2014. A análise de espécies de aves como indicadores ambientais no ambiente urbano do município de Regente Feijó - SP. Encontro de Ensino Pesquisa e Extensão - Universidade do Oeste Paulista (UNIOESTE). Presidente Prudente, SP.

OSINSKI, Elisabeth et al. 2003. Application of biotic indicators for evaluation of sustainable land use - current procedures and future developments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98: 407-421.

PARIKH, Garvita; RAWTANI, Deepak; KHATRI, Nita-sha. 2020. Insects as an indicator for environmental pollution. *Environmental Claims Journal*, 33(2): 161-181.

PATUCCI, Natalia Nunes et al. 2018. Bioindicadores edáficos de fragmentos florestais urbanos da cidade de São Paulo (SP). *Revista do Departamento de Geografia*, 36: 77-90.

PAULA, Sabrina Nolasco Carvalho de. 2010. *Bio-monitoramento como instrumento de detecção de contaminantes ambientais*. Monografia (MBA em Gestão e Planejamento Ambiental) - Universi-

dade Veiga de Almeida, Instituto Pedagógico de Vitória, Vitória, 2010.

PESSOA, Valdylene Tavares et al. 2009. Comunidade zooplancônica na baía de Suape e nos estuários dos rios Tatuoca e Massangana, Pernambuco (Brasil). Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, 4(1): 80-94

PRESTES, Rosi Maria; VINCENCI, Kelin Luiza. 2019. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental, Braz. J. Anim. Environ. Res., 2(4): 1473-1493.

PRESTES, Rosi Maria; VINCENCI, Kelin Luiza. 2019. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental, Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 2(4): 1473-1493.

RAIMUNDO, Rafael Luís Galdini et al. 2013. Manual de monitoramento ambiental usando borboletas e libélulas - Reserva Extrativista do Alto Juruá. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 36p.

REGALADO, Luciano Bonatti; SILVA, Cláudio da. 1997. Utilização de aves como indicadoras de degradação ambiental. Revista Brasileira de Ecologia, 1:81-83.

RIBEIRO, Karla Tereza Silva. 2004. Água e saúde humana em Belém. Belém: CEJUP, 208p.

RIBEIRO, Natasha Ulhiana Ferreira; AMÉRICOPINHEIRO, Juliana Heloísa Pinê. 2018. Peixes como

bioindicadores de agrotóxicos em ambientes aquáticos. Revista Científica ANAP Brasil, v. 11(22): 65-75.

ROCHA, Adriano Ferreira da. 2009. Cádmio, chumbo, mercúrio: a problemática destes metais pesados na Saúde Pública: Cadmium, lead, mercury: the issue of these metals in Public Health? Monografia, Porto: Universidade de Porto, 48p.

ROCHA, José Renato Maurício da et al. 2011. Insects as indicators of environmental changing and pollution: a review of appropriate species and their monitoring. Holos environment, 10(2): P252.

SALAZAR PRIMO, Diego de Alencar; BARRETO, Cecília Perdigão; ALVERNE, Tarin Cristino Frota Mont. 2018. Direito Internacional e Poluição Sonora Marinha: efeitos jurídicos do reconhecimento do som como fonte de poluição dos oceanos. Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, 15(32): 277-295.

SALE, Peter F. et al. 2014. Transforming management of tropical coastal seas to cope with challenges of the 21st century. Marine Pollution Bulletin, 85(1): 8-23.

SALOMÃO, Renato P. et al. 2019. Urbanization effects on dung beetle assemblages in a tropical city. Ecological Indicators, 103: 665-675.

SANCHO-PIVOTO, Altair; RAIMUNDO, Sidnei. 2022. As contribuições da visitação em parques para a saúde e bem-estar. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, 16: 2546-2546.

SANTIAGO, Augusto César Pessôa; BARROS, Iva Carneiro Leão. 2003. Pteridoflora do Refúgio Ecológico Charles Darwin (Igarassu, Pernambuco, Brasil). *Acta Botanica Brasilica*, 17: 597-604.

SANTORUFO, Lucia, VAN GESTEL, Cornelis, ROCCO, Anamaria, MAISTO, Giulia. 2012. Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. *Environmental Pollution*, 161: 57-63.

SANTOS, Thatiane Galdino; Gusmão, Lúcia Maria de Oliveira, NEUMANN-LEITÃO, Sigrid. 2009. Zooplâncton como indicador biológico da qualidade ambiental nos estuários dos rios Carrapicho e Botafogo, Itamaracá-PE. *Rev. Bras. Enga. Pesca*, 4(1): 44-56.

SARKAR, A. et al. 2006. Molecular biomarkers: their significance and application in marine pollution monitoring. *Ecotoxicology*, 15(4): 333-340.

SILVA, Laís Cândido et al. 2018. Estoques de biomassa e carbono em unidade de conservação no Bioma Mata Atlântica. *BIOFIX Scientific Journal*, 3(2): 243-251.

SILVA, Pedro Giovâni; SILVA, Franciéle Carneiro Garcês. 2011. Besouros (Insecta: Coleoptera) uti-

lizados como bioindicadores. Revista Congrega URCAMP (CD-Rom), 5(1): 1-16.

SMITH, Val H.; SCHINDLER, David W. 2009. Eutrophication science: where do we go from here? Trends in Ecology and Evolution, 24(4): 201-207.

STORK, Nigel; EGGLETON, Paul. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. American Journal of Alternative Agriculture, 7(1): 38-47.

SZEREMETA, Bani; ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta. 2013. A importância dos parques urbanos e áreas verdes na promoção da qualidade de vida em cidades. Ra'Ega - O Espaço Geográfico em Análise, 29: 177-193.

THOMAZINI, Marcílio José; THOMAZINI, Ariane P. B. W. 2000. A fragmentação e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas. Rio Branco: EMBRAPA Acre, Circular Técnica, 57, 21 p.

TRISHALA, K Parmar; DEEPAK, Rawtani; Y. K, Agrawal. 2016. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution, Frontiers in Life Science, 9(2): 110-118.

UEHARA-PRADO, Márcio et al. 2009. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: A first approach in the Brazilian Atlantic Forest. Biological Conservation, 142(6): 1220-1228.

WINCK, Charlote et al. 2005. Soilborne insects as indicators of environmental quality. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 4(1): 60-71.

ZANCHETT, Giliane; OLIVEIRA-FILHO, Eduardo C. 2013. Cyanobacteria and cyanotoxins: From impacts on aquatic ecosystems and human health to anticarcinogenic effects. *Toxins*, 5(10): 1896-1917.



Todos os seres vivos podem, potencialmente, transmitir algum sinal e os cientistas costumam utilizá-los como indicadores da qualidade ambiental. Neste livro, você poderá entender como a Ciência faz para entender os fenômenos e os impactos que vem ocorrendo no nosso Planeta. A linguagem de Decifrando os Sinais dos Seres Vivos é simples e adaptada para o grande público, ao mesmo tempo em que o conhecimento científico é mantido como a essência das informações abordadas pelos autores.

