

Derli Barbosa dos Santos  
Leandro Márcio Moreira

# CIÊNCIA APLICADA para a Educação Básica

CIÊNCIA APLICADA PARA  
A EDUCAÇÃO BÁSICA



**UFOP**

Universidade Federal  
de Ouro Preto

**Reitora**

Cláudia Aparecida Marlière de Lima

**Vice-Reitor**

Hermínio Arias Nalini Jr.



editora**UFOP**

**Diretor Executivo**

Prof. Frederico de Mello Brandão Tavares

**Coordenador Editorial**

Daniel Ribeiro Pires

**Assessor da Editora**

Alvimar Ambrósio

**Diretoria**

André Luís Carvalho (Coord. de Comunicação Institucional)

Marcos Eduardo Carvalho Gonçalves Knupp (PROEX)

Paulo de Tarso A. Castro (Presidente do Conselho Editorial)

Sérgio Francisco de Aquino (PROPP)

Tânia Rossi Garbin (PROGRAD)

**Conselho Editorial**

Profa. Dra. Débora Cristina Lopez

Profa. Dra. Elisângela Martins Leal

Prof. Dr. José Luiz Vila Real Gonçalves

Prof. Dr. José Rubens Lima Jardimino

Profa. Dra. Lisandra Brandino de Oliveira

Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro

Derli Barbosa dos Santos  
Leandro Márcio Moreira

# CIÊNCIA APLICADA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

1ª edição

Ouro Preto  
2018



© EDUFOP

## Coordenação Editorial

Daniel Ribeiro Pires

## Capa

**Arte:** Alvimar Ambrósio

**Fotos:** **Abelha:** Fig. 16, pág. 70; **Besouro:** Fig.07, pág. 36; **Planta de Açaí:** Fig. 09, pág. 46; **Rato Listrado:** Fig. 06, pág. 35; **Tucano:** Reprodução - JPeralta (Pantanal - wordpress.com).

## Diagramação

Pollyanna Assis

## Revisão

Ciro Mendes, Lívia Moreira, Rosângela Zanetti e Thiago Vieira

## Ficha Catalográfica

(Elaborado por: Elton Ferreira de Mattos - CRB6-2824, SISBIN/UFOP)

---

S237c Santos, Derli Barbosa dos.  
Ciência aplicada para educação básica / Derli Barbosa dos Santos,  
Leandro Márcio Moreira. – Ouro Preto : Editora UFOP, 2018.  
84 p. : il. : color; tabs; mapas.

1. Ciência - Estudo e ensino. 2. Didática. 3. Educação – Estudo e ensino. 4. Material didático. I. Moreira, Leandro Márcio. II Título.

CDU: 37.012:5

---

ISBN 978-85-288-0368-6

Esta obra foi selecionada pelo Conselho Editorial da Editora UFOP, a partir do Edital nº 002/2017, após avaliação por pareceristas *ad hoc*.

Todos os direitos reservados à Editora UFOP. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida, arquivada ou transmitida por qualquer meio ou forma sem prévia permissão por escrito da Editora. A originalidade dos conteúdos e o uso de imagens são de responsabilidade dos autores da obra.

## EDITORA UFOP

Campus Morro do Cruzeiro

Centro de Comunicação, 2º andar

Ouro Preto / MG, 35400-000

[www.editora.ufop.br](http://www.editora.ufop.br) / [editora@ufop.edu.br](mailto:editora@ufop.edu.br)

(31) 3559-1463

# SUMÁRIO

- 09    PREFÁCIO
- 11    APRESENTAÇÃO
- 13    A ESTRUTURA DO LIVRO
- CAPÍTULO 1
- 19    ABELHAS E MORANGOS: UMA RELAÇÃO BIOLÓGICA PERFEITA - E POR QUE NÃO DELICIOSA?
- 24    1.1 Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?
- 25    1.2 Exercícios e atividades multidisciplinares
- 27    1.3 Conversando sobre o assunto
- CAPÍTULO 2
- 33    SEMENTE QUE IMITA FEZES. COMO ASSIM?
- 38    2.1 Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?
- 39    2.2 Exercícios e atividades multidisciplinares
- 40    2.3 Conversando sobre o assunto
- CAPÍTULO 3
- 45    O TUCANO E A PALMA. POR QUE UM É TÃO IMPORTANTE PARA O OUTRO?
- 52    3.1 Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?
- 53    3.2 Exercícios e atividades multidisciplinares
- 53    3.3 Conversando sobre o assunto
- CAPÍTULO 4
- 59    AS BACTÉRIAS E A NOSSA PELE
- 64    4.1 Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?

64 4.2 Exercícios e atividades multidisciplinares

65 4.3 Conversando sobre o assunto

## CAPÍTULO 5

69 AGROTÓXICOS: PROBLEMA OU SOLUÇÃO?

76 5.1 Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?

77 5.2 Exercícios e atividades multidisciplinares

78 5.3 Conversando sobre o assunto

81 REFERÊNCIAS

83 SOBRE OS AUTORES

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- 19 Figura 1 – Morangos in natura
- 22 Figura 2 – Gráficos relativos à eficiência da polinização por abelhas
- 23 Figura 3 – Abelha sugando néctar da flor
- 24 Figura 4 – Esquema da flor da morangueira e formação do fruto
- 34 Figura 5 – Plantas da família Restionaceae
- 35 Figura 6 – Rato listrado da espécie *Rhabdomys pumilio*
- 36 Figura 7 – Escaravelho, besouro popularmente conhecido como “rola-bosta”
- 37 Figura 8 – Sementes de *Ceratocarium argenteum* e fezes de antílope
- 46 Figura 9 – *Euterpe edulis*, espécie de planta que produz açáí
- 47 Figura 10 – Tucano
- 48 Figura 11 – Açáí, fruta muito consumida no Brasil
- 52 Figura 12 – Desmatamento, uma das principais causas de perda de biodiversidade no Brasil
- 60 Figura 13 – Pele de pessoa com vitiligo
- 62 Figura 14 – Rede de interação entre bactérias em comunidades encontradas em pele sem vitiligo (a) e com vitiligo (b)
- 63 Figura 15 – Cultura de bactérias em placa de Petri
- 70 Figura 16 – Abelha da espécie *Bombus terrestris* em flor de planta silvestre
- 71 Figura 17 – Detalhe da corbícula da abelha
- 72 Figura 18 – Windsor Great Park, Reino Unido (local de coleta das abelhas estudadas)
- 39 Gráfico 1 – Níveis de compostos voláteis emitidos pelas sementes de *C. argenteum* e pelas fezes dos antílopes
- 61 Tabela 1 – Proporção de bactérias por nível taxonômico encontrada em pele normal e com vitiligo
- 73 Tabela 2 – Doses do inseticida Tiametoxam™ administradas para cada grupo e espécie

- 30 Mapa 1 – Mapa hierárquico de conceitos ligados ao tema focal “reino das plantas” possíveis de serem estudados com a leitura do texto 1
- 41 Mapa 2 – Mapa hierárquico dos conceitos ligados ao tema focal “evolução biológica” possíveis de serem estudados com a leitura do texto 2
- 55 Mapa 3 – Mapa hierárquico com conceitos ligados ao tema focal “ecologia” possíveis de serem estudados com a leitura do texto 3
- 66 Mapa 4 – Mapa hierárquico com conceitos ligados ao tema focal “corpo humano” possíveis de serem estudados com a leitura do texto 4
- 80 Mapa 5 – Mapa hierárquico dos conceitos ligados ao tema focal “meio ambiente” possíveis de serem estudados a partir da leitura do texto

# PREFÁCIO

Esta é uma obra diferenciada. Única no segmento e com uma proposta inovadora. Pode até parecer que se trata de uma supervalorização de uma obra da qual faço parte, gerando assim um hipotético conflito de interesse. Mas, caros leitores, tenham a certeza de que o que descrevo aqui nenhuma relação tem com o fato de eu ser um dos seus criadores.

A ciência se desenvolve de forma tão rápida que é muito difícil qualquer pessoa acompanhar essa evolução do conhecimento humano. Mesmo pesquisadores renomados apresentam esta dificuldade. Isso tem acarretado um verdadeiro descompasso entre o que a academia gera em termos de conhecimento científico e o que, de fato, é trabalhado com os alunos da educação básica. Uma lacuna difícil de ser diminuída, já que sua completa eliminação é utópica.

A ideia desta obra não é abarcar todo e qualquer conhecimento científico descoberto para que professores da rede básica de ensino elevem ainda mais o volume de conhecimentos a serem trabalhados ou transmitidos (entendam como quiserem) a seus alunos na educação básica. A proposta central desta obra é que os conceitos que já são trabalhados com estes alunos tenham uma nova roupagem, e que possam ser contextualizados com as mais novas descobertas nas distintas áreas do conhecimento, e de forma multidisciplinar. Multidisciplinaridade esta que também é a base para grandes descobertas científicas.

No entanto, esta transposição didática não é tarefa simples, e os textos de divulgação científica, mesmo que ainda incipientes, tem ajudado enormemente a diminuir esta grande lacuna. E para que este conhecimento aplicado seja transmitido aos alunos, deve ser considerada uma aproximação na forma de escrita e na linguagem verbal a serem utilizadas. É neste contexto que esta obra se faz diferenciada. Ao longo de 14 meses, Derli Barbosa do Santos, aluno do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, sob minha orientação, dedicou-se a estudar cinco gran-

des descobertas retratadas em artigos científicos de alto grau de qualidade. Sua compreensão e olhar frente a este novo conhecimento, enquanto professor da rede básica de ensino, o motivou a desenvolver textos de divulgação científica para que outros professores pudessem também ter esta oportunidade, mantendo, para isso, a qualidade na transposição científica, e sempre fazendo uso de uma linguagem de fácil assimilação.

Pode até parecer prepotência, mas tenho certeza de que qualquer professor que venha a fazer uma leitura desta obra, utilizará parte dos conhecimentos aqui compartilhados em suas aulas de Ciências, tornando-as diferenciadas. Com isso, esperamos que esse professor consiga despertar em seus alunos o motivador à curiosidade, principal característica para o desenvolvimento da Ciência, mas que hoje vem sendo substituído pela rotina de execução.

Boa leitura. Espero que apreciem.

Prof. Dr. Leandro Marcio Moreira

# APRESENTAÇÃO

Amigo professor,

Estamos vivenciando um momento de intensas mudanças sociais, proporcionadas principalmente pelo avanço científico e tecnológico. Todos os dias inúmeras descobertas são anunciadas e muitas delas estão diretamente relacionadas com o nosso cotidiano. Sabendo disso, temos a necessidade de tornar os nossos alunos cidadãos conhecedores das informações e capacitados para, além de buscar novos conhecimentos, ter um posicionamento crítico sobre estes. Entretanto, fazer com que nossos alunos pensem cientificamente, buscando informações, propondo hipóteses, argumentando sobre determinados temas, investigando conceitos, tem se tornado algo cada vez mais difícil. Isto ocorre porque nós, professores, constantemente nos encontramos sobrecarregados com as atribuições docentes. Desse modo, falta-nos tempo e disponibilidade para buscar informações científicas recentes e propor alternativas para o ensino de ciências que levem os alunos a pensar para além das fronteiras dos livros didáticos.

Seguimos constantemente um planejamento e o conteúdo proposto para ser trabalhado com o uso de um livro didático, pautado em um sistematizado conteúdo programático. Este, devido ao excesso de informações a serem discutidas em um curto espaço de tempo, é preparado para transmitir conceitos e definições bem estabelecidos, quase sempre fazendo uso dos mesmos exemplos e contextualizações. Com isso, o discente pouco se propõe a buscar novas informações, não consegue relacionar os conceitos aprendidos com as vivências em sociedade e se volta sempre a uma mesma pergunta, que muitas vezes nem nós mesmos sabemos como responder: “Para que serve este conhecimento em minha vida”?

Diante dessa adversidade, surgiu a ideia da produção deste livro. Nele, existe a proposta de um ensino de ciências diferenciado, que vai ao encontro das necessidades que nós, professores, temos no dia a dia

de nossa prática profissional. Com ele, temos o objetivo de possibilitar que haja transposição didática e socialização do conhecimento científico aplicado, podendo ser utilizado como material paradidático, de modo a auxiliar no desenvolvimento do pensamento científico de nossos alunos.

Contrapondo-se a uma repetição de conceitos, que muitas vezes não fazem sentido para os alunos, cada capítulo deste livro propõe a interpretação de um texto, que nada mais é do que o resumo de uma nova e importante descoberta científica, publicada em uma das mais conceituadas revistas científicas do mundo. A cada leitura, o despertar da curiosidade discente e a vontade em compreender melhor o assunto que está sendo tratado estimula a busca por novas informações. Para isso, o aluno conta com as atividades multidisciplinares, disponibilizadas após cada texto, que o ajuda a refletir sobre o tema abordado num contexto e perspectiva mais amplos. Desse modo, o estudante se envolve com os resultados de pesquisas recentes, atualizando informações fundamentais, e ainda passa a perceber que os conceitos trabalhados no livro didático fazem sentido e são úteis para inúmeros avanços sociais. Assim, ao buscar informações, pesquisar, investigar e interpretar diferentes textos e relacionar conceitos com a vida em sociedade, o aluno passa a desenvolver o pensamento científico crítico. Esse é o “pensar ciência” que esperamos ansiosamente propiciar a nossos alunos.

É importante destacar que este livro não deve ser o único material de trabalho, mas sim uma ferramenta adicional ao processo de ensino e aprendizagem. Ele agrega valor às aulas de ciências ao possibilitar uma forma diferenciada de ensino, mas precisa ser complementado com outras ferramentas de trabalho. Assistir a vídeos, ler notícias de jornais, resolver atividades (problemas), investigar informações são alguns dos recursos que precisamos utilizar para fazer dos nossos alunos jovens pesquisadores. Por isso, as atividades do livro contam também com essas diferentes ferramentas de ensino.

# A ESTRUTURA DO LIVRO

O livro é composto por cinco textos, produtos da transposição didática de cinco artigos científicos, cujas temáticas e descobertas são sumarizadas a seguir.

Para começar a aventura nessas incríveis descobertas científicas, iniciamos o livro com um texto que fala sobre o quanto os morangos ficam mais suculentos, avermelhados e deliciosos quando se desenvolvem num local onde a polinização das flores da morangueira é feita por abelhas. Nesse texto, temos inúmeras possibilidades de assuntos para conversar com os alunos, entre eles a possibilidade de mudarmos da cultura do uso de agroquímicos para uma produção orgânica, preservando melhor o ambiente.

Klatt, B. K.; Holzschuh, A.; Westphal, C.; Clough, Y.; Smit, I.; Pawelzik, E.; Tschardtke, T. 2014. **Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value**. Proceedings of the Royal Society B 281: 20132440. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.2440>

A segunda leitura leva ao conhecimento de uma planta que evoluiu de forma diferenciada. Enquanto algumas plantas têm suas sementes dispersadas pelo vento, pela água ou por animais que se alimentam de seus frutos, esta planta apresenta sementes que imitam as fezes de mamíferos e são dispersas de outra maneira, bem interessante, por sinal.

Midgley, J. J.; White, J. D. M.; Johnson, S. D.; Bronner, G. N. 2015. **Faecal mimicry by seeds ensures dispersal by dung beetles**. Nature Plants. DOI: 10.1038/NPLANTS.2015.141.

Com o terceiro texto, há a possibilidade de conversarmos com os nossos alunos sobre evolução e seleção natural. Apesar de ser um tema

complexo e de difícil compreensão, o texto apresenta uma pesquisa feita com organismos contemporâneos, mostrando que a evolução continua acontecendo e sofre grande influência humana. No texto, fala-se sobre a evolução de aspectos fenotípicos em palmas encontradas na Mata Atlântica, aqui no Brasil.

Galetti, M.; Guevara, R.; Côrtes, M. C.; Fadini, R.; Von Matter, S.; Leite, A. B.; Labecca, F.; Ribeiro, T.; Carvalho, C. S.; Collevatti, R. G.; Pires, M. M.; Guimarães Júnior, P. R.; Brancalion, P. H.; Ribeiro, M. C.; Jordano, P. 2013. **Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size.** Science. DOI: 10.1126/science.1233774

Continuando as leituras, podemos verificar a importância da manutenção das bactérias para a saúde do nosso corpo. Isso é demonstrado no quarto texto, no qual são apresentadas as principais informações de uma pesquisa que mostra como alterações na microbiota da pele podem ser responsáveis pelo desenvolvimento da doença chamada vitiligo.

Ganju, P.; Nagpal, S.; Mohammed, M. H.; Nishal Kumar, P.; Pandey, R.; Natarajan, V. T.; Mande, S. S.; Gokhale, R. S. 2016. **Microbial community profiling shows dysbiosis in the lesional skin of Vitiligo subjects.** Nature. DOI: 10.1038/srep18761

Por fim, o quinto texto trata de como o uso exagerado de agroquímicos nos diferentes tipos de plantação pode causar impactos ambientais negativos, sobretudo no que diz respeito à sobrevivência de organismos muito importantes para essas plantações: as abelhas.

Baron G. L.; Raine N. E.; Brown M. J. F. 2017. **General and species-specific impacts of a neonicotinoid insecticide on the ovary development and feeding of wild bumblebee queens.** Proceedings of the Royal Society B. 284: 20170123. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2017.0123>

Ao final de cada um dos capítulos há ainda um mapa conceitual hierárquico contendo os principais conceitos que podem ser trabalhados após a leitura de cada texto. Talvez não seja possível e nem mesmo necessário estudar todos os conceitos apresentados. Entretanto, os mapas possibilitam identificar com maior facilidade qual o texto ideal para se compreender um determinado tema científico.

Os exercícios presentes em cada capítulo foram elaborados pensando: na necessidade de ampliação do diálogo entre os alunos sobre assuntos pertinentes para a sociedade; na possibilidade de interação dos temas com outras disciplinas; e na obtenção de conhecimentos que vão além da memorização de conceitos. Você vai perceber a variedade de temas que podem ser abordados após cada leitura, bem como de conceitos que podem ser trabalhados e compreendidos juntamente com os textos.

Aproveite cada momento do livro, desde os parágrafos dos textos até aos exercícios considerados mais fáceis, aproxime-se de seu aluno, converse com ele e o estimule a desenvolver o pensamento científico. Bom trabalho!



# CAPÍTULO 1



# ABELHAS E MORANGOS: UMA RELAÇÃO BIOLÓGICA PERFEITA — E POR QUE NÃO DELICIOSA?

Figura 1 – Morangos in natura



Fonte: Wikimedia Commons™.  
Foto: Jenő Szabó

Hummmmm, só de olhar dá água na boca! Lindos, vermelhos e viçosos. Quem de nós deixaria de comê-los numa bela fatia de bolo, num suflê, num espetinho de chocolate, ou simplesmente assim, in natura?

Apesar de serem belíssimos frutos, os morangos são frágeis e, por isso, muito perecíveis, estragam muito facilmente. Basta um simples apertão e a fruta passa a ser esteticamente indesejada. Isso pode ser agravado por um transporte ou armazenamento inadequados, principalmente num país como o nosso, em que o escoamento da produção é deficiente e altamente custoso.

Como se não bastassem essas características e condições, os morangos estão entre as frutas mais susceptíveis a pragas e, por esta razão, são frequentemente tratados com fertilizantes e inseticidas para que possam crescer viçosos, especialmente em culturas em larga escala.

A partir destas informações, uma pergunta que deveríamos fazer a cada vez que consumimos esse fruto é: seria possível a produção orgânica de morangos mais resistentes às condições ambientais e capazes de permanecer por mais tempo lindos para o consumo? Para a ciência, isso não só é possível, como já foi feito. Vamos entender como isso acontece? Aperte os cintos e nos acompanhe nesta aventura pelo conhecimento científico.

Cientistas da Alemanha e da Suécia descobriram que morangos produzidos a partir da polinização feita por abelhas (entomofilia) são mais valiosos que os que se desenvolvem por meio de autopolinização ou por anemofilia (polinização feita pelo vento). Nos estudos realizados por esses pesquisadores, ficou comprovado que os morangos fertilizados por abelhas têm maior qualidade, durabilidade, além de terem tons mais avermelhados, o que os torna mais viçosos. E o que poderia justificar isso?

A ideia dos pesquisadores era a de ampliar os conhecimentos da sociedade sobre a importância e os benefícios da polinização feita por animais, mais especificamente por abelhas, demonstrando como são perfeitos os sistemas biológicos sem intervenção humana. Em outras palavras, os objetivos da pesquisa centravam no reforço da importância dos serviços ambientais prestados pelas abelhas; na ampliação da compreensão da relevância econômico-social das abelhas; e na implementação de políticas sustentáveis de produção e consumo. Para isso, analisaram experimentalmente os impactos desse tipo de fertilização na quantidade de colheita e na qualidade, vida útil e valor de mercado do produto.

Metodologicamente, os pesquisadores selecionaram nove importantes variedades comerciais de morango, identificadas como D, Sy, F, L, E, Sa, H, K e Y, em referência, respectivamente, aos cultivares Darselect, Symphony, Florence, Lambada, Elsanta, Salsa, Honeoye, Korona e Yamaska. Todas essas variedades foram cultivadas em um campo experimental, e para fazer com que os diferentes tipos de polinização investigados acontecessem, diferentes tratamentos foram empregados.

Num primeiro momento, os pesquisadores colocaram sacos envolvendo as flores em algumas das plantas de cada um dos cultivares, o que impedia a passagem de abelhas e de grãos de pólen levados pelo

vento. Caso viessem a ser polinizadas, mesmo assim, isso só poderia ser explicado por um fenômeno de autopolinização. Em outras plantas, foram colocadas gazes com porosidade de aproximadamente 0,25 mm, objetivando que grãos de pólen pudessem permear estas aberturas sem, no entanto, terem sido carregados por abelhas. Isso implica em dizer que caso a polinização ocorresse, teria sido mediada pelo vento. Finalmente, outro conjunto de plantas ficou sem nenhuma proteção, permitindo assim que a polinização pudesse ser intermediada por abelhas.

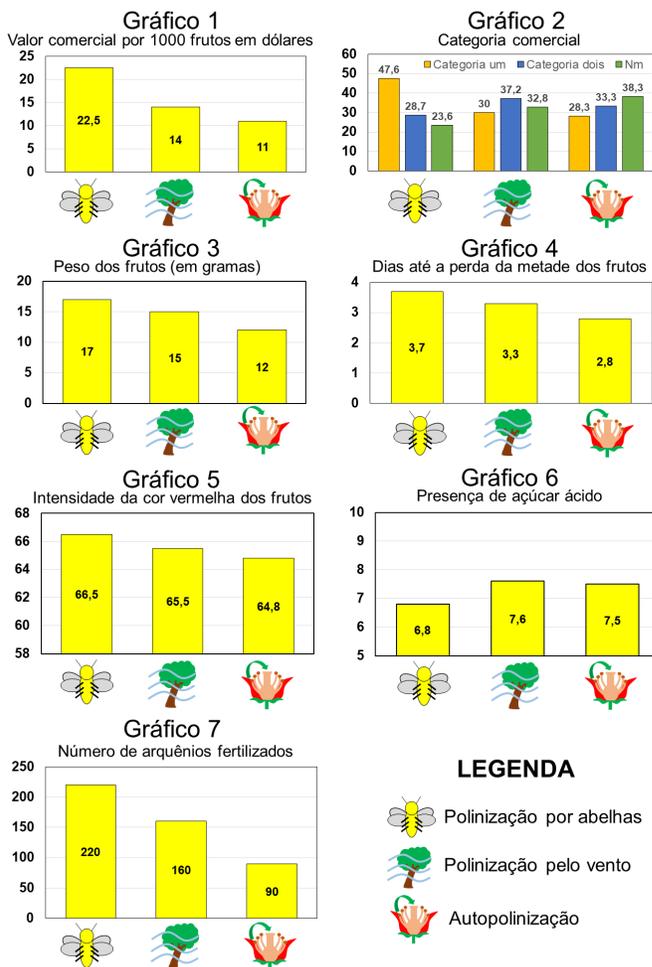
Após a polinização e o desenvolvimento dos frutos, por um período fixado, 50 morangos de cada tratamento e de cada cultivar foram coletados para serem analisados observando as seguintes características:

- **Peso e classe comercial:** foi calculado o valor comercial dos morangos com base no peso dos frutos e nas suas respectivas classes comerciais. Para esse critério, as infrutescências de morango foram classificadas em três categorias: **um** (de melhor valor comercial) - morangos maiores e com poucas ou nenhuma área amarelada ou esverdeada; **dois** (de menor valor comercial) - morangos com algumas áreas amareladas ou esverdeadas, porém grandes no tamanho; ou **nm** (não comercializável) - morangos com grandes áreas amareladas ou esverdeadas e tamanhos reduzidos.
- **Firmeza, concentração de açúcares e prazo de validade:** o prazo de validade dos morangos é dependente de dois fatores essenciais, a denominada firmeza do morango e a presença de açúcar ácido. Quanto mais firme for o fruto e quanto menor seu teor de açúcar ácido, maior será sua durabilidade, fator que pode favorecer seu comércio.
- **Qualidade pós-colheita:** morangos com cor vermelha mais brilhante e mais intensa são mais bem aceitos pela sociedade e, portanto, são mais consumidos. Além disso, uma menor quantidade de açúcar ácido, além de possibilitar maior durabilidade, indica morangos mais doces e saborosos. Por isso, a qualidade dos morangos (cor e presença de açúcar ácido) foi avaliada após a colheita.

- **Sucesso da polinização:** para cada tratamento e variedade de morango foi analisada a proporção de aquênios fertilizados. Aquênios são os frutos secos presentes no fruto. Quanto mais aquênios fertilizados, maior o sucesso da polinização e melhor a qualidade dos frutos.

Os resultados obtidos na pesquisa, com os valores médios aproximados obtidos das diferentes variedades de morango, podem ser conferidos nos gráficos a seguir:

Figura 2 – Gráficos relativos à eficiência da polinização por abelhas



Legenda: Gráficos que representam a eficiência do processo de polinização por abelhas frente a outros mecanismos de polinização avaliada segundo sete requisitos. Fonte: Adaptado de KLATT et al, 2014.

Figura 3 – Abelha sugando néctar da flor



Legenda: Ao sugar o néctar, a abelha passeia sobre a flor e espalha os grãos de pólen de forma homogênea nos estigmas.

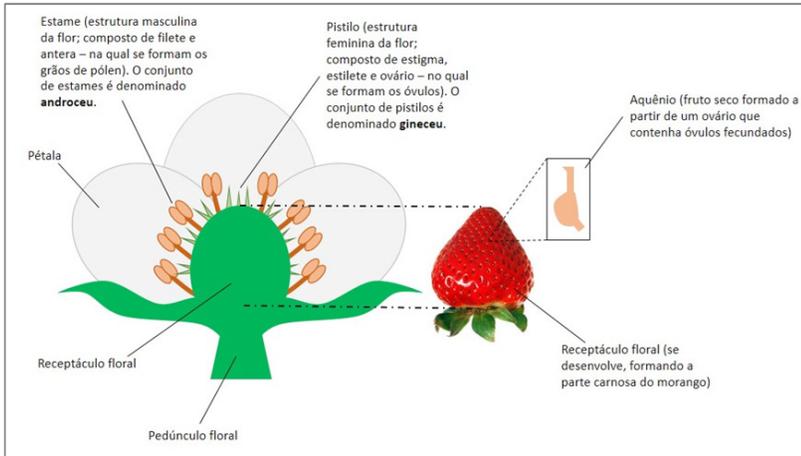
Fonte: Wikimedia Commons™.

Foto: Turmfalke.

Observe que, em todos os gráficos apresentados, os resultados obtidos para os morangos polinizados por abelhas foram mais favoráveis em comparação aos outros mecanismos de polinização. Legal, não é mesmo? Mas, por que a polinização por abelhas faz tanta diferença? Acreditamos que os resultados do gráfico 7, que mostra a quantidade de aquênios fertilizados por tipo de polinização, respondem a esta pergunta de forma irrefutável.

Segundo os pesquisadores, a fertilização feita pelas abelhas é mais eficiente porque, ao “passearem” pela flor da morangueira, esses insetos espalham homoganeamente os grãos de pólen nos estigmas da flor. Desse modo, uma maior quantidade de aquênios é fecundada. Aquênios fertilizados são capazes de produzir um hormônio vegetal denominado auxina, que auxilia no acúmulo de ácido giberélico. Esses dois hormônios vegetais participam do desenvolvimento do fruto, ajudando-o a crescer mais, com maior firmeza e maior qualidade.

Figura 4 – Esquema da flor da morangueira e formação do fruto



Legenda: Observe que o passeio da abelha pela flor possibilita a distribuição dos grãos de pólen pelos pistilos, nos quais se encontra o estigma. Por meio deste, o grão de pólen entra no pistilo e chega ao ovário, onde fecunda o óvulo. A partir daí, os aquênios se desenvolvem.  
Fonte: Os autores.

Mas, e agora? Os seres humanos normalmente têm medo de abelhas, matam esses insetos sempre que os veem — acreditamos que, em parte, porque desconhecem os serviços ambientais prestados por esses incríveis organismos. Além disso, na maior parte das culturas agrícolas, o uso de inseticidas é tão volumoso que esses insetos sucumbem à exposição, interferindo em toda a ecologia local.

Sabendo do valor que as abelhas têm na produção de morangos, e entendendo que essa importância pode se estender a outras culturas agrícolas, o que podemos fazer por esses insetos?

## 1.1 Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?

Procure informações sobre os conceitos científicos a seguir e aprenda um pouco mais sobre eles. Faça anotações, registrando-as em seu caderno.

Aquênios  
Frutos e pseudofrutos  
Polinização e tipos de polinização  
Peso, massa e volume  
Serviços ambientais  
Hormônios vegetais  
Infrutescência e inflorescência  
Estrutura da flor

## 1.2 Exercícios e atividades multidisciplinares

1. Suponha que o valor exato de 1000 morangos produzidos a partir da polinização pelo vento seja de R\$46,00 e que os morangos que se desenvolveram por entomofilia são valorizados em 60%.

- a) Qual o valor arrecadado numa plantação que produziu 15.000 morangos por anemofilia?
- b) Que valor seria arrecadado caso essa plantação tivesse sido polinizada por abelhas, e não pelo vento?

2. A morangueira é um tipo de planta que se desenvolve melhor em regiões de clima temperado, com dias ensolarados e noites mais frias. Nessas condições, o sabor do fruto é melhor. Responda:

- a) No Brasil, quais regiões seriam ideais para o cultivo da planta de morango? Por quê?
- b) Com base no texto lido e na informação apresentada acima, que combinações poderíamos fazer para que os morangos viessem a ser ainda mais saborosos e com elevado valor comercial?

3. Analisando o gráfico 3, apresentado no texto, informe:

- a) o peso total de 50 morangos, em kg, produzidos por entomofilia;
- b) o peso total de 50 morangos, em kg, produzidos por autopolinização.

4. Durante o feudalismo, praticamente toda a produção de alimentos era feita manualmente e sem o uso de produtos químicos. Nos últimos anos, a produção agrícola tem aumentado muito, em decorrência de procedimentos e técnicas que aceleram cada vez mais a produção. Sobre o assunto, responda:

- a) O que tem sido feito para acelerar e aumentar a produção de alimentos?
- b) Por que, nos últimos anos, vem aumentando a necessidade de se produzir mais alimentos em um tempo menor?
- c) De que forma o investimento em infraestrutura de transporte no escoamento da produção agrícola poderia reduzir os custos das culturas agrícolas aos consumidores? Que tipo de meio de transporte você sugeriria para sanar este problema? Justifique.

5. Com base no texto, podemos concluir que morangos produzidos a partir da polinização feita por abelhas têm características que lhe conferem uma maior qualidade.

- a) Que características são essas e por que elas são consideradas melhores?
- b) O que, especificamente, possibilita o aumento da qualidade dos morangos?

6. É possível observar uma metodologia científica presente no trabalho realizado por esses pesquisadores? Explique, justificando com suas palavras o que seria esta metodologia e qual a importância dela para o sucesso dos resultados.

7. É possível que alguma informação importante sobre as variedades de morango tenha sido ocultada nos gráficos apresentados como resultado da pesquisa? Em caso afirmativo, dê um exemplo.

## 1.3 Conversando sobre o assunto

1. Leia os trechos a seguir, retirados de notícias sobre produção de morangos e uso de agrotóxicos nesse tipo de cultura, e responda as perguntas correlacionadas.

“Se para plantas, verduras e legumes o agrotóxico serve de proteção, para os humanos, é veneno. Muitas doenças, como câncer de fígado, de cérebro, leucemias e alguns tipos de tumores podem estar relacionados com o consumo dessas substâncias. Isso porque o organismo não dá conta de metabolizar o excesso do efeito tóxico causado por elementos como os metais tóxicos, que caem na corrente circulatória. (...) Pimentão e morango são os campeões de agrotóxicos. A quantidade de agrotóxicos que eles vão carregar depende de quanto tempo levam para amadurecer. Quanto mais tempo, mais pulverizações. (...) Aquelas frutas ou verduras que têm a casca bonita, com aspecto brilhante, sofreram ação de uma cera bactericida e fungicida, que também é um agrotóxico”.

Fonte: <<http://saude.ig.com.br/minhasaude/2014-03-17/conheca-alguns-truques-para-eliminar-os-agrotoxicos-de-frutas-e-verduras.html>>

“Uma pesquisa realizada pelo governo do Paraná para medir a quantidade de agrotóxicos utilizados em produtos comercializados no estado mostrou que o morango é o produto com maior índice de insatisfação. De acordo com o estudo, em sete amostras coletadas, cinco estavam fora dos padrões aceitáveis pela Vigilância Sanitária e poderiam trazer riscos à saúde dos consumidores. (...) Das amostras de morango em desacordo, somente 20% foram produzidas no Pa-

raná, aponta a pesquisa. O restante foi produzido em Minas Gerais e São Paulo. (...) O superintendente de Vigilância em Saúde, Sezifredo Paz, explica que a ingestão contínua de alimentos com altos índices de agrotóxicos pode causar várias doenças, como depressão, má formação congênita, alguns tipos de câncer e problemas de imunidade e infertilidade”.

Fonte: <<http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2013/11/morango-lidera-lista-de-produtos-com-alto-indice-de-agrotoxicos-no-parana.html>>

a) Na primeira notícia, há a afirmação de que frutas ou verduras que têm casca bonita, com aspecto brilhante, sofreram intervenção humana com adição de agrotóxicos. Com base no que você aprendeu, responda: toda fruta com aspecto bonito sofreu ação de produtos químicos? (Explique).

b) Com base nas notícias, podemos perceber o quanto os agrotóxicos podem causar problemas à saúde humana. Os morangos, tradicionalmente, quando levam muito tempo para amadurecer, acabam recebendo grande quantidade desses produtos. O que se pode fazer para minimizar o uso de agrotóxicos nas culturas de morango?

2. As pesquisas realizadas por Klatt e colaboradores indicam que as abelhas selvagens, ao participarem da polinização das flores de morango, ajudam a melhorar a qualidade desse fruto. Em pesquisas realizadas no Brasil, com uma outra abelha, a jataí, muito comum em várias partes do país e bem adaptada ao clima nacional, chegou-se à conclusão de que esta pode ser usada nas culturas de morango, com resultados muito semelhantes aos da abelha selvagem pesquisada por Klatt. Leia:

“Uma espécie de abelha com ampla distribuição no território brasileiro — a jataí (*Tetragonisca angustula*) — parece ser muito eficiente na polinização em estufas de morangos. É o que indica uma pesquisa desenvolvida pela bióloga Kátia S. M. Braga, doutoranda pela Universidade de São Paulo (USP). O estudo realizado em Atibaia

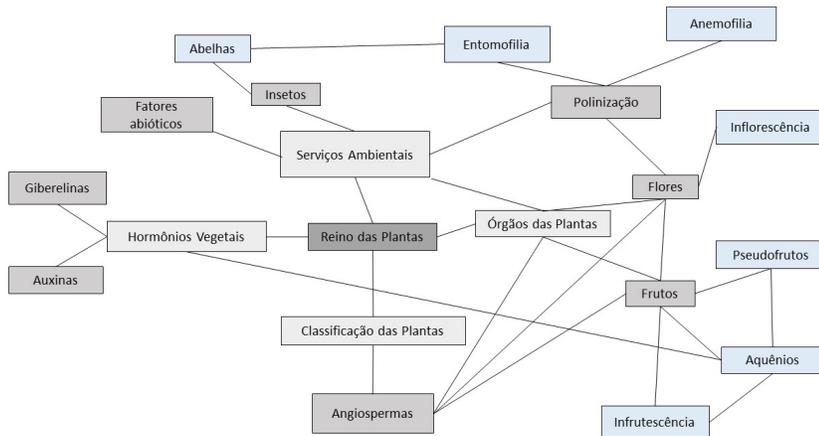
— município produtor de morango no estado de São Paulo — mostra que a jataí se adapta bem às condições das culturas e aumenta significativamente a quantidade de frutos adequados à comercialização. (...) ‘As flores visitadas por essa abelha originam morangos bem formados’, diz Braga. Na presença da jataí, o número de frutos deformados cai de 85 para 5%. Vale ainda ressaltar que esse inseto se adapta bem à temperatura e à umidade características das estufas, assim como à quantidade limitada de alimento. ‘Seu tamanho populacional e alcance de voo são compatíveis com áreas fechadas de pequeno porte’, lembra a pesquisadora. ‘Porém, é preciso integrar o manejo das abelhas nas estufas ao controle de pragas com substâncias químicas’. A utilização da jataí em culturas de morango é um exemplo de que a presença de polinizadores naturais pode ser essencial para que se alcance o potencial máximo de produtividade”.

Fonte:<[http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/15/n/abelhas\\_melhoram\\_qualidade\\_de\\_morangos](http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/15/n/abelhas_melhoram_qualidade_de_morangos)>

a) Em uma plantação, o uso de inseticidas é essencial para evitar a presença de insetos que se alimentam das folhas da planta. Na notícia acima, a pesquisadora destaca a necessidade de integrar o manejo das abelhas ao controle de pragas com substâncias químicas. Em muitos casos, porém, as abelhas também são eliminadas por esses produtos químicos. Há alguma outra alternativa para controlar as pragas sem a necessidade de usar inseticidas?

b) Podemos afirmar que o cultivo de morango com polinização feita por abelhas favorece o desenvolvimento econômico desse tipo de comércio. Qual a importância de se utilizar abelhas melhor adaptadas ao território nacional na produção de morangos? Cite outros aspectos econômicos que são favorecidos pela produção com entomofilia e explique-os.

Mapa 1 – Mapa hierárquico de conceitos ligados ao tema focal “reino das plantas” possíveis de serem estudados com a leitura do texto 1



Fonte: Os autores.

## **CAPÍTULO 2**



# SEMENTE QUE IMITA FEZES. COMO ASSIM?

Umam são leves a ponto de serem levadas pelo vento. Outras são grudentas e se prendem aos pelos dos animais, sendo dispersadas ao longe. Há também as revestidas de substâncias saborosas, que são ingeridas e dispensadas, via fezes, em outros locais.

Ao longo de centenas de milhares de anos, as plantas, por meio da evolução, foram criando adaptações na estrutura e composição de suas sementes, para garantir a dispersão das diferentes espécies pelo ambiente, tornando-se, desta forma, mais eficientes em manter seu ciclo reprodutivo. Cada uma, com seu recurso específico, coevoluiu com outras espécies em decorrência das características do ambiente em que vivem.

E em meio a este diversificado poder adaptativo, uma planta evoluiu de forma diferente, engraçada e superinteressante: suas sementes imitam fezes de animais para serem dispersadas. Mas como sementes que tem forma e cheiro de fezes são transportadas para outros locais?

Ao realizar uma série de experimentos, um grupo de cientistas sul-africanos descobriu essa semente, que imita as fezes de alguns animais que vivem na região do Cabo Ocidental, na África do Sul, onde a planta também é encontrada. Além da forma, ela tem um odor semelhante ao das fezes. A curiosidade dos pesquisadores estava então em descobrir como ocorria a dispersão de sementes desta espécie, a *Ceratocaryum argenteum*, pertencente à família Restionaceae.

As plantas dessa família são comuns no hemisfério Sul, com maior abundância e diversidade na África do Sul e na Austrália. Elas são geralmente polinizadas por anemofilia — polinização realizada pelo vento — e produzem, quase sempre, sementes pequenas, com tegumento preto e liso, contendo elaiossomo — uma camada de tecido gorduroso atrativa para as formigas, que fazem a dispersão das sementes enterrando-as.

Figura 5 – Plantas da família Restionaceae



Fonte: Wikimedia Commons™.  
Foto: Rudolph.

Curiosamente, a *C. argenteum* tem a maior semente entre as espécies da família, com tegumento rígido e áspero, de cor marrom, e sem a presença de elaiossomo. Além destas variações morfológicas, essas sementes apresentam também um cheiro semelhante ao de fezes de herbívoros. Sendo assim, as sementes dessa planta não conseguem atrair as formigas, que normalmente carregariam e enterrariam sementes menores contendo o tecido gorduroso, que é usado por elas como alimento. Portanto, um dos possíveis e potenciais dispersores da semente de *C. argenteum*, a formiga, já foi excluído.

Outra possibilidade para essa semente seria a dispersão por meio de pequenos roedores. Essa hipótese foi levantada porque, além da *C. argenteum*, outras espécies de plantas da família Restionaceae têm sementes relativamente grandes — em comparação com a maioria das espécies da família — que, embora tenham elaiossomo, são muito grandes para serem carregadas pelas formigas, sendo dispersadas por pequenos mamíferos roedores, principalmente os das espécies *Acomys subspinosus* e *Gerbillurus paeba*.

No entanto, a planta *C. argenteum* é endêmica da região do Cabo Ocidental, na África do Sul, sendo encontrada comumente na Reserva Natural de De Hoop, e, nessa área, o pequeno mamífero roedor dominante é o *Rhabdomys pumilio* (conhecido como rato listrado), e não os predadores mais comuns de sementes da família Restionaceae (citados acima).

Figura 6 – Rato listrado da espécie *Rhabdomys pumilio*



Fonte: Wikimedia Commons™.

Foto: Dwergenpartje

Na tentativa de se verificar a influência do rato listrado na dispersão das sementes de *C. argenteum*, câmeras ativadas por movimento foram instaladas em alguns pontos dentro da reserva natural de De Hoop. Os cientistas confirmaram que esses ratos não consomem e nem enterram sementes de *C. argenteum*, embora consumam e façam a dispersão de sementes de outras plantas da mesma família — resultado que aguçou ainda mais a curiosidade científica sobre o potencial dispersor de sementes da *C. argenteum*, até então desconhecido.

Devido a essas características e a esses resultados preliminares, que indicaram que nem formigas e nem pequenos roedores faziam a dispersão das sementes de *C. argenteum*, os cientistas começaram a elencar ou-

tras hipóteses. Surgiu então a pergunta: seriam as sementes de *C. argenteum*, por terem um forte cheiro de fezes, capazes de atrair organismos que se alimentam de fezes de mamíferos?

Para responder a essa pergunta, Jeremy Midgley e seus companheiros colocaram sementes de *C. argenteum* em diferentes locais na reserva natural de De Hoop. Em cada local onde as sementes foram deixadas, os pesquisadores colocaram câmeras com sensor de movimento.

Após a colocação das sementes no campo experimental, foi observado que, em mais de 20 ocasiões, o besouro *Epirinus flagellatus* (escaravelho) foi atraído pelas sementes de *C. argenteum*. Os besouros rolaram as sementes e as enterraram, numa ação semelhante à que eles executam com as fezes de animais. No Brasil, esses besouros são conhecidos como “rola-bosta” e estão diretamente relacionados com ciclagem de nutrientes.

Como se não bastasse essa fantástica descoberta, os cientistas resolveram pesquisar se o cheiro da semente imitava o cheiro das fezes dos mamíferos predominantes naquela área, os antílopes. Comprovado! Ao comparar os compostos voláteis das fezes desses animais com os compostos voláteis das sementes da planta em estudo, os pesquisadores verificaram que as sementes têm um odor parecido com o das fezes desses animais.

Figura 7 – Escaravelho, besouro popularmente conhecido como “rola-bosta”

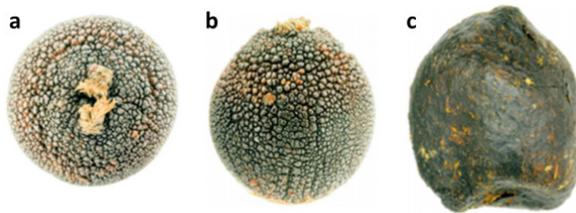


Fonte: Wikimedia Commons™.  
Foto: Udo Schmidt.

E uma vez que o cheiro era muito parecido com o de fezes de antílopes, seriam os formatos semelhantes? Adivinha! A forma da semente é muito parecida com o formato das fezes. Desse modo, as sementes conseguem atrair os escaravelhos (besouros) para que eles transportem e enterrarem as sementes, simulando o ato de enterrar as fezes dos antílopes. Aí você deve estar se perguntando: e o que o escaravelho ganha com isso?

Quando estes insetos enterram fezes, o fazem com o propósito de se alimentar desses restos alimentares ou, como observado com maior frequência, de depositar seus ovos para que as larvas oriundas se alimentem desse substrato. Porém, ao enterrarem as sementes, acabam descobrindo que o tegumento é muito rígido e abandonam as sementes já enterradas. Ou seja, os escaravelhos são enganados por essas plantas, por meio um mecanismo de mimetismo sensacional.

Figura 8 – Sementes de *Ceratocarium argenteum* e fezes de antílope



Legenda: Sementes de *C. argenteum* (a, b) e fezes de antílope da reserva natural de De Hoop (c).

Fonte: Adaptado de MIDGLEY et al., 2015.

Sob uma perspectiva macroecológica, a vantagem desse mecanismo para essas plantas é que, devido às queimadas que acontecem na área de ocorrência da espécie nos períodos de seca, as sementes são destruídas pelo fogo e não conseguem germinar, o que interfere no ciclo reprodutivo da espécie, assim, quando essas sementes são dispersas a maiores distâncias de sua matriz e são enterradas, elas escapam de serem danificadas pelas queimadas. Daí o sucesso desse tipo de dispersão feita por escaravelhos. Simplesmente perfeito e sensacional!

## 2.1 Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?

1. Entender os conceitos a seguir é importante para compreender melhor o texto lido e para aumentar seus conhecimentos sobre o assunto. Pesquise mais sobre cada um deles e anote as informações obtidas em seu caderno:

Partes de uma semente

Elaiossomo

Partes do fruto e tipos de frutos

Nomenclatura científica

Classificação de Lineu

Evolução biológica e teorias evolucionistas

Adaptações dos organismos aos ambientes

Classificação dos artrópodes

Metodologia científica

Tipos de polinização das plantas

2. Assista aos vídeos encontrados nos links abaixo para que você possa compreender melhor as informações presentes no texto. Leia com atenção a descrição de cada vídeo:

a) <<http://www.nature.com/article-assets/npg/nplants/2015/nplants2015141/extref/nplants2015141-s4.mp4>>

Neste vídeo você vai observar o *Rhabdomys pumilio* (rato listrado) e o escaravelho (rola-bosta) levando a semente de *Ceratocaryum argenteum*.

b) <<http://www.nature.com/article-assets/npg/nplants/2015/nplants2015141/extref/nplants2015141-s3.mp4>>

Neste vídeo você vai observar o *Epirinus flagellatus* (escaravelho) carregando a semente de *Ceratocaryum argenteum* e a enterrando, como mencionado no texto. Observe com atenção o mecanismo de

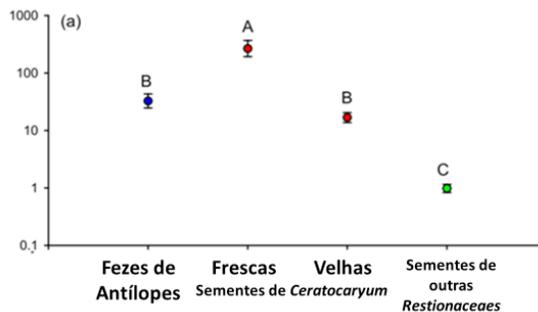
transporte desse besouro e entenda por que ele é conhecido popularmente como “rola-bosta”.

## 2.2 Exercícios e atividades multidisciplinares

1. Por meio da leitura do texto, podemos perceber o quanto o processo evolutivo é importante para a adaptação das espécies ao ambiente terrestre e às mudanças que ocorrem nele. Que tipos de adaptação foram observadas na planta estudada no texto? Como é o ambiente (características bióticas e abióticas) da região onde essa planta é encontrada? As adaptações citadas são relevantes para esse ambiente?

2. O gráfico a seguir representa a média da quantidade de compostos voláteis emitidos (por hora) pelas sementes de *Ceratocaryum argenteum*, pelos excrementos de antílopes da região e por sementes de outras plantas da família *Restionaceae*. Observe o gráfico e responda às questões.

Gráfico 1 – Níveis de compostos voláteis emitidos pelas sementes de *C. argenteum* e pelas fezes dos antílopes



Fonte: Adaptado de MIDGLEY et al., 2015.

a) Existe, realmente, semelhança entre o perfil dos compostos voláteis das sementes de *C. argenteum* com o perfil de compostos voláteis das fezes de antílopes? Como podemos perceber essas semelhanças por meio do gráfico?

b) Observe que as sementes frescas da planta têm uma volatilidade superior à das fezes dos antílopes. Após a semente ficar um tempo livre no ambiente, a liberação de compostos voláteis passa a deixá-las com perfil muito parecido com o das fezes. Proponha uma explicação para isso, pensando na necessidade da dispersão da semente para a manutenção da espécie.

c) Com base no gráfico, por que as sementes de outras espécies da família *Restionaceae* não podem ser consideradas parecidas com as fezes dos antílopes da região?

3. No texto, há a afirmação de que os escaravelhos tentam depositar seus ovos nas sementes que imitam as fezes de animais. A partir disso, podemos concluir que esse besouro naturalmente deposita os ovos em fezes. Que benefícios esse artrópode obtém ao fazer isso?

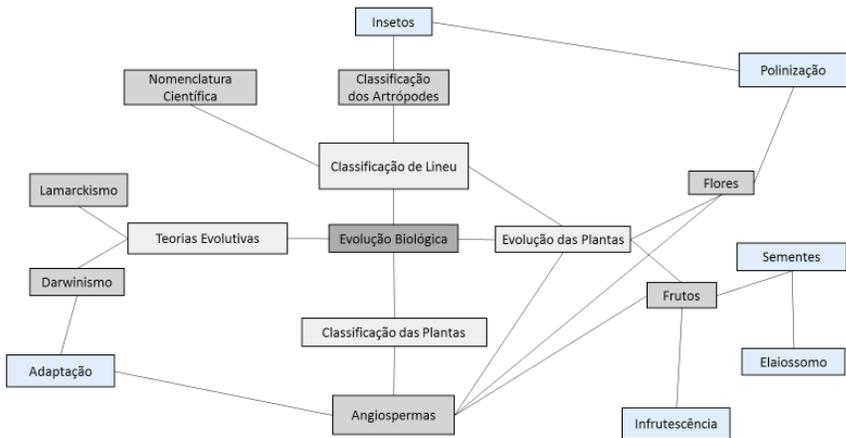
4. A reserva natural de De Hoop é um dos Patrimônios Mundiais da Unesco. Qual a importância das reservas naturais? Existe alguma forma de explorar reservas naturais, obter conhecimento dentro delas e, simultaneamente, preservá-las para que todas as gerações façam uso de seus recursos?

## 2.3 Conversando sobre o assunto

Por meio do texto, podemos perceber que os organismos vão criando mecanismos de adaptação para sobreviver ao ambiente terrestre. Entretanto, a adaptação é um processo lento, que acontece concomitantemente às mudanças dos fatores abióticos. Infelizmente, os seres humanos, explorando recursos naturais de forma não harmônica, têm acelerado essas alterações no ambiente. Com isso, os organismos não conseguem acompanhar o ritmo de mudanças e muitos estão sendo extintos, em vez de evoluírem.

Em pequenos grupos, converse com seus colegas sobre possíveis soluções para os impactos ambientais causados pela ação humana, numa perspectiva local e global. Anote as informações em seu caderno. Posteriormente, socialize com os outros grupos as propostas feitas e discuta com os colegas e com o professor se é ou não possível fazer algo para solucionar alguns dos problemas ambientais.

Mapa 2 – Mapa hierárquico dos conceitos ligados ao tema focal “evolução biológica” que podem ser estudados após a leitura do texto 2



Fonte: Os autores.



# **CAPÍTULO 3**



# O TUCANO E A PALMA. POR QUE UM É TÃO IMPORTANTE PARA O OUTRO?

Muito se fala em evolução das espécies na escola, nas aulas de ciências. Para alguns, este conceito é de fácil compreensão. Para outros, nem tanto. Comprovar a ocorrência da evolução, todavia, leva tempo, e depende do estudo e da compreensão de várias evidências evolutivas.

Na tentativa de se entender melhor como ocorre a evolução, vários pesquisadores analisam fósseis — restos ou vestígios de animais, plantas ou outros seres vivos preservados em rochas, como moldes do corpo ou partes deste, rastros e pegadas —, órgãos semelhantes em diferentes espécies de animais e outras características consideradas evolutivas. Mas essas evidências levaram milhares de anos para surgir e, em muitos casos, fazem parte do passado.

Agora, pesquisadores brasileiros podem ter conseguido mais uma evidência de que a evolução realmente acontece, mas observando organismos que ainda vivem entre nós. O pesquisador Mauro Galetti, da Universidade Estadual de São Paulo, conduziu um estudo no qual foi verificada uma rápida evolução no tamanho da semente de uma palma fundamental para a manutenção da Mata Atlântica, a *Euterpe edulis*.

Após observarem que as sementes dessas palmas eram menores em locais nos quais havia extinção ou redução na quantidade de aves de grande porte, os pesquisadores deram início à pesquisa, a fim de avaliar como a extinção dessas aves, responsáveis pela dispersão de sementes maiores, poderia causar mudanças evolutivas nessa espécie de palma.

Figura 9 – *Euterpe edulis*, espécie de planta  
que produz açaí



Fonte: Wikimedia Commons™.  
Foto: João Medeiros.

Baseados em outros estudos, esses pesquisadores propuseram que a redução no tamanho das sementes está diretamente relacionada com a fragmentação da floresta, fenômeno causado principalmente pela ação humana nos últimos 100 anos. Isto por que as funções e os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas são prejudicados por essas fragmentações, uma vez que várias espécies podem ser extintas (as extinções causadas por influência humana podem ser cem vezes mais rápidas que as extinções naturais).

Com base nessas observações, Galetti e seus colaboradores pesquisaram a rápida evolução na redução do tamanho em sementes de *Euterpe edulis*, causada provavelmente pelo desmatamento excessivo feito por seres humanos.

Para plantas de grande porte, produzir sementes grandes é importante, pois estas possuem maior reserva de nutrientes, maior possibilidade de germinação e possibilitam, conseqüentemente, o surgimento de mudas maiores. Entretanto, as sementes maiores são dispersas exclusivamente por frugívoros que conseguem ingerir esse tipo de semente — quase sempre aves de grande porte. Esses tipos de frugívoros são ameaçados pela caça e também pelo desmatamento, já que possuem um nicho ecológico que necessita de grandes áreas florestais. As aves menores, por sua vez, embora resistam a maiores perturbações, não conseguem fazer a dispersão de grandes sementes, tampouco abranger grandes territórios.

Por conta da extinção ou da redução populacional de grandes aves, ocorre a perda funcional desses organismos. Uma das funções que deixa de ser exercida é justamente a dispersão de sementes de tamanhos maiores. Isto faz com que os traços de frutos e sementes de plantas de grande porte sofram mudanças evolutivas rápidas.

Figura 10 – Tucano



Legenda: Por ter um bico com grande abertura, o tucano é capaz de ingerir e, conseqüentemente, dispersar sementes de tamanho maior.  
Fonte: Wikimedia Commons™.  
Foto: Julio Cesar Baldim.

Com base nestas informações iniciais, os pesquisadores resolveram comparar o tamanho das sementes de 22 populações de palmeiras em

áreas nas quais houve e não houve redução na quantidade de dispersores de grandes sementes. Os estudos ocorreram nos dois principais tipos fisionômicos da mata atlântica: floresta semidecidual e floresta tropical.

Vários fatores podem afetar o tamanho das sementes, tais como clima, fertilidade do solo, cobertura florestal, entre outros, por isso os pesquisadores tiveram o cuidado de avaliar cada um deles. No entanto, nenhum destes fatores teve tanta influência no tamanho das sementes como as diferenças na fauna. Este último aspecto foi avaliado observando-se que algumas áreas apresentavam extinção ou redução na quantidade de grandes aves. Estas áreas foram chamadas de defaunadas — palavra que indica remoção ou destruição de uma população animal.

Figura 11 – Açaí, fruta muito consumida no Brasil



Fonte: Wikimedia Commons™.  
Foto: Camila Neves Rodrigues da Silva.

Nesse estudo, os pesquisadores consideraram como grandes aves aquelas frugívoras com grande abertura de bico, isto é, que tem uma abertura maior ou igual a 12 mm. Entre essas aves estão os tucanos (*Ramphastos dicolorus* e *R. vitelinus*) e grandes cotingas (*Procnias nudicollis*, *Carpornis spp.* e *Pyroderus scutatus*), que são as principais dispersoras de grandes sementes em florestas não defaunadas. Tordos pequenos, com pequena abertura de bico, ou seja, com abertura menor que

12 mm, são os dispersores mais comuns em áreas defaunadas — nestas florestas, os frugívoros com pequena abertura de bico são maioria.

Com a comparação das sementes, Galetti e seus colaboradores observaram que 33% dos frutos encontrados em áreas não defaunadas eram pequenos e a maioria dos frutos tinha tamanho grande, com 12 mm ou mais de diâmetro, sendo estes consumíveis por grandes aves. Em contrapartida, 98% dos frutos observados nas áreas defaunadas tinham diâmetro menor que 12 mm e eram consumíveis por aves com pequena abertura de bico.

Este resultado indica uma tendência de sementes menores em áreas com redução da fauna. Por isso, sugere-se que o tamanho da semente está potencialmente relacionado com o processo de seleção de frutos. Isso mostra que a variação local no tamanho das sementes não está relacionada com qualquer um dos preditores abióticos citados anteriormente ou com variáveis na paisagem, mas está consistentemente relacionado com o estado de defaunação de cada local.

Para que você entenda melhor a relação da defaunação de grandes aves com a diferença no tamanho das sementes, observe o seguinte: sementes dispersas com a polpa ou que caem sob as plantas pais tem menos chances de germinar e apresentam alta taxa de mortalidade. Aquelas dispersas pelas aves, quer seja por regurgitação ou por defecação, sobretudo em regiões afastadas das plantas pais, apresentam maiores chances de sobrevivência. Entretanto, diferentes tipos de aves dispersam sementes de tamanhos diferentes. As sementes dispersas por tordos apresentam tamanhos iguais ou menores que 12 mm de diâmetro. As aves com maior abertura de bico, principalmente os tucanos, dispersam uma maior quantidade de sementes de tamanhos variados, incluindo as com diâmetros superiores a 12 mm. Sendo assim, em áreas defaunadas, há uma tendência de a dispersão ser feita por aves pequenas e, por isso, as sementes menores são maioria entre as que germinam e originam novas plantas. Estas sementes possuem embriões com informações genéticas que levam ao surgimento de plantas menores, que também produzirão sementes menores. Essas foram as primeiras conclusões dos pesquisadores.

Com o objetivo de confirmar esses primeiros resultados, os cientistas realizaram outros experimentos. Eles avaliaram também a probabilidade de dispersão de sementes para cada ave em função do tamanho da semente, anotando o diâmetro de sementes dispersas com sucesso (regurgitadas ou defecadas) e de sementes não dispersas (frutas contendo somente as marcas de bico) em quatro áreas intocadas e em três locais defaunados.

Neste experimento, observou-se que a probabilidade de dispersão de sementes com mais de 12 mm de diâmetro era próxima de zero em áreas defaunadas. Já nas áreas não defaunadas, 32% das sementes que foram dispersas com sucesso apresentaram tamanho maior que 12 mm. Com esses novos estudos, observou-se que as áreas defaunadas perderam esta gama de variação fenotípica no tamanho da semente, sugerindo seleção direcional para sementes de tamanho reduzido na espécie *E. edulis*.

Com os experimentos, chegou-se à conclusão de que, em áreas defaunadas, os principais dispersores de sementes são aves com pequena abertura de bico, principalmente os tordos, que são mais resistentes ao desmatamento. No entanto, estas aves só fazem a dispersão de sementes menores e, por isso, nessas áreas há uma frequência maior de sementes com diâmetro menor que 12 mm.

Para concluir os estudos, os cientistas investigaram, por meio de um modelo evolutivo simples, o potencial da seleção feita pelos frugívoros para causar as diferenças no tamanho das sementes em áreas defaunadas e não defaunadas. Após as simulações, foi possível observar que, num período menor que 75 anos, após um evento grave de redução da fauna devido a caça ou desmatamento, já é possível haver alteração no tamanho das sementes de *E. edulis*.

A extensa conversão de áreas de floresta em áreas agrícolas e a caça descontrolada levaram a uma redução significativa de grandes aves frugívoras, como o tucano. Nas áreas em que essas aves desapareceram, há um sucesso maior na dispersão de sementes pequenas, pois são dispersas por aves menores. Com isso, as sementes das palmas em áreas defaunadas apresentam um diâmetro menor.

Em geral, os resultados obtidos levam à conclusão de que a defaunação pode ter provocado uma mudança evolutiva rápida de uma característica fenotípica da planta, resultando em uma redução consistente no tamanho de sementes na Mata Atlântica, isto é, as sementes são menores em áreas nas quais os grandes dispersores estão funcionalmente extintos.

Mas como isso pode prejudicar as palmeiras?

Com a redução do tamanho da semente, há uma menor reserva de nutrientes para o embrião que vai germinar e, com isso, as novas mudas têm um tamanho significativamente menor e são mais vulneráveis à dessecação, o que resulta em uma maior mortalidade das sementes em condições climáticas mais secas, finalizando com uma redução no tamanho populacional dessas plantas.

Como a regeneração em áreas defaunadas depende de sementes pequenas, uma ampliação e intensificação dos períodos de seca seria extremamente prejudicial para o estabelecimento de plântulas desta espécie de palma, que já está ameaçada de extinção. E o pior, pelas alterações climáticas em curso na América do Sul, infelizmente já é previsto que a tendência do clima é se tornar justamente mais seco. Assim, esta espécie poderá até ser extinta.

Portanto, podemos concluir que a interferência humana excessiva em áreas de ambiente natural pode levar à extinção de diversas espécies animais e vegetais importantes para o equilíbrio ecológico, resultando em uma cadeia de efeitos ecológicos e evolutivos que poderão alterar significativamente a evolução natural de algumas espécies, interferindo na história de vida de vários seres vivos, inclusive na dos humanos.

Figura 12 – Desmatamento, umas das principais causas de perda de biodiversidade no Brasil



Fonte: Wikimedia Commons™.  
Foto: Hans Braxmeier.

### 3.1 Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?

Procure o significado dos conceitos a seguir e anote-os em seu caderno. Estude-os e, quando não conseguir entendê-los, converse com seu professor. Compreender esses conceitos é importante para interpretar melhor o texto lido.

Seleção natural

Floresta semidecidual e floresta tropical

Extinção

Interações ecológicas

Espécies endêmicas

Adaptação biológica

Biomass mundiais e brasileiros

Classificação das plantas

## 3.2 Exercícios e atividades multidisciplinares

1. A mata atlântica corresponde a uma grande área de floresta tropical que acompanha o litoral brasileiro, desde o Sul até o Nordeste do país. No entanto, todo esse território vem sendo explorado e degradado pela ação humana. Sobre esse assunto, faça o que se pede:

- a) Pesquise qual o tamanho da área da Mata Atlântica que já foi destruída e quanto ainda resta desse bioma.
- b) Anote as principais causas do desmatamento dessa floresta.
- c) Baseado no texto lido e em suas pesquisas, responda: como a fragmentação da Mata Atlântica pode levar algumas espécies de animais e plantas à extinção?

2. No texto são citadas algumas relações ecológicas. Identifique as relações entre organismos presentes no texto, classifique-as por tipo e anote como você chegou a essa conclusão.

3. Os organismos em geral possuem adaptações que os ajudam a sobreviver no meio em que se encontram. Identifique, por meio da leitura do texto, quais adaptações a espécie *Euterpe edulis* possui para viver na Mata Atlântica. Considerando as mudanças que estão acontecendo nesse bioma, você acredita que a planta citada realmente poderá se extinguir?

## 3.3 Conversando sobre o assunto

1. O Brasil é um país com extensa área territorial. Nesse grande espaço, são observados diferentes biomas e diversas zonas climáticas. Faça uma pesquisa e anote quais são os principais biomas e climas observados no Brasil. Converse com o professor sobre os resultados de sua pesquisa e indique se você acha que estão acontecendo mudanças climáticas em nosso país. Aproveite esse momento para contar os re-

sultados da sua pesquisa para os seus colegas e verificar se eles têm a mesma opinião que a sua.

2. No texto, percebemos que a planta *Euterpe edulis* está passando por um processo evolutivo e adaptativo que pode levá-la à extinção, já que sementes menores são menos resistentes às alterações ambientais previstas para a região da Mata Atlântica. Mas, em alguns casos, as plantas interagem com organismos que as levam a adaptações importantes para a sobrevivência. Leia o texto abaixo:

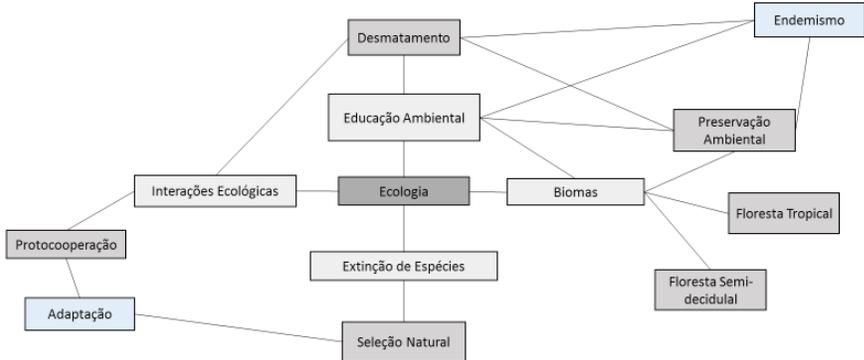
“Pesquisa realizada por cientistas da Universidade de Toronto Mississauga (UTM), do Canadá, aponta que os insetos colaboram para acelerar o processo de evolução das plantas. A investigação científica demonstra que esta interação obriga os vegetais a se adaptarem rapidamente ao ambiente onde vivem — em questão de poucos anos. Para obter mais detalhes sobre a evolução, pesquisadores canadenses, em parceria com cientistas dos Estados Unidos, Reino Unido e Finlândia, utilizaram a primula durante os procedimentos. A espécie foi escolhida por ser um vegetal que se autofertiliza, ou seja, não depende da polinização de outro exemplar. Eles dividiram um grupo de primulas em dois. Um foi mantido livre da presença de insetos e recebendo aplicações de inseticidas a cada 15 dias e outro foi colocado em um ambiente natural, com a presença de insetos. O crescimento das plantas foi observado durante cinco anos, sendo que a cada ano era feita a análise do genótipo dos vegetais. Segundo o estudo, a evolução, que é a mudança nas informações hereditárias ao longo do tempo, foi observada em todas as plantas após o aparecimento de uma nova geração. Porém, modificações significativas em indivíduos foram detectadas a partir do nascimento da 3ª e 4ª gerações. Deste grupo, plantas que não foram tratadas com inseticida e ficaram expostas aos insetos desenvolveram uma defesa natural, graças a alterações bioquímicas e genéticas, que permitiu a proteção desses vegetais de futuros ataques de insetos. Com isso, os

vegetais se tornaram intragáveis para traças e pulgões, ambos utilizados nos testes científicos.”

Fonte: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2012/10/cientistas-afirmam-que-insetos-ajudam-acelerar-evolucao-de-plantas.html>>

- Discuta com seus colegas e com o professor se, de alguma forma, a adaptação nas sementes de *E. edulis* está sendo positiva para a espécie. Anote suas conclusões.
- A partir da notícia acima, proponha uma explicação de como as plantas denominadas primulas conseguiram criar mecanismos de proteção contra traças e pulgões.
- Com base na notícia acima e nos estudos sobre evolução e adaptação, responda: podemos considerar a resistência a insetos observada na 4ª geração de primulas como uma evolução?

Mapa 3 – Mapa hierárquico com conceitos ligados ao tema focal “ecologia” que podem ser estudados e compreendidos após a leitura do texto 3



Fonte: Os autores.



# **CAPÍTULO 4**



# AS BACTÉRIAS E A NOSSA PELE

A nossa pele é colonizada por uma grande quantidade de pequenos organismos conhecidos como bactérias. E, por mais que procuremos formas diferentes de nos livrar desses microrganismos, eles continuarão fazendo parte do nosso corpo. Mas não precisamos nos preocupar. Na verdade, a maior parte das bactérias que está em nossa pele é boa para o nosso organismo, e precisa mesmo ficar conosco. Elas contribuem com o sistema imunológico do nosso organismo, ajudando na defesa do corpo contra outros microrganismos que possam causar doenças e também contra uma série de produtos que poderiam nos fazer mal, caso as bactérias não estivessem nos protegendo.

Essas bactérias são tão importantes que, recentemente, um grupo de pesquisadores indianos chegou à conclusão de que o vitiligo, uma doença de pele, pode ocorrer devido a alterações na microbiota desse órgão.

O vitiligo é uma doença crônica da pele que se caracteriza pela perda irregular da pigmentação devido à morte de melanócitos. Ainda não se sabe exatamente o que causa essa doença, mas acredita-se que o ataque autoimune de melanócitos seja um dos principais fatores que levam à despigmentação da pele.

Por isso, boa parte dos tratamentos para essa doença é feito buscando a regularização da atividade imune, que ocorre de forma excessiva nesta doença. No entanto, esse tipo de tratamento tem tido um sucesso limitado, o que significa que quase não há recuperação da pele lesionada por vitiligo quando se trata somente do sistema imunológico. Sendo assim, considera-se que o vitiligo é causado por uma série de fatores ou distúrbios que levam a um mesmo fenótipo.

Para tentar identificar um desses fatores que podem causar a despigmentação da pele, este grupo de pesquisadores resolveu investigar as diferenças entre as comunidades de bactérias de peles lesionadas e não lesionadas de indivíduos com vitiligo. Essa investigação foi feita por meio

da exploração dos perfis de comunidades microbianas de pele com e sem lesão, em indivíduos que apresentam a doença.

A identificação das diferentes comunidades de bactérias foi possível graças à análise de material genético desses organismos. Para isso, foram identificadas as bactérias encontradas na pele normal (mais escura) e na pele com vitiligo (mais clara) de vários indivíduos e foram verificadas as possíveis diferenças entre as comunidades bacterianas das partes do corpo com e sem vitiligo.

Figura 13 – Pele de pessoa com vitiligo



Legenda: A doença causa despigmentação na pele, que causa a perda de cor.  
Fonte: Wikimedia Commons™.  
Foto: James Heilman.

O estudo, realizado por Parul Ganju e seus colaboradores, obteve diversos resultados, dentre os quais destacam-se os seguintes:

- **Taxonomia:** foi identificado que, em ambos os tipos de pele, as comunidades bacterianas são dominadas por quatro filos principais: *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Firmicutes* e *Bacteroidetes*. Cerca de 85% das bactérias encontradas pertencem a esses filos, tanto em pele com lesões como em pele sem lesões. Estes resultados são semelhantes aos observados em pessoas que não possuem a doença. O filo de *Actinobacterias* é o que possui maior abundância nos dois tipos de

pele, constituindo 45% da comunidade microbiana. Entre as bactérias observadas, mais de um terço pertence aos seguintes gêneros: *Corynebacterium*, *Staphylococcus*, *Propionibacterium*, *Micrococcus*, *Kocuria*, *Acinetobacter*, *Streptococcus* e *Paracoccus*.

- **Composição comunitária nos dois tipos de pele:** de acordo com a pesquisa, há uma maior riqueza de espécies em amostras de pele sem lesão, em comparação com as contrapartes lesionadas por vitiligo, ou seja, nas peles em que não há lesão, é possível obter um grande número de espécies diferentes de bactérias, e nas lesões por vitiligo, o número de espécies de bactérias encontradas é menor.

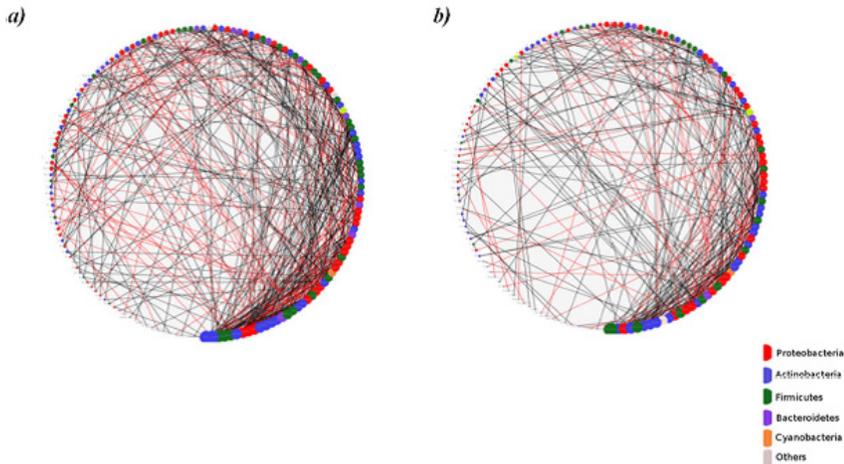
- **Microbiota específica de cada tipo de pele:** no total, 39 táxons (21 gêneros, 9 famílias, 5 ordens e 4 classes) apresentaram uma diferença significativa, em termos de abundância, entre os dois tipos de pele. Destaca-se neste resultado o fato de o *Corynebacterium* (gênero encontrado em maior abundância nos dois tipos de pele) estar presente em maior quantidade na pele sem lesão. *Corynebacteriaceae* (família) também é encontrada em maior abundância em amostras não lesionais. Enquanto isso, *Flavobacteriales* (ordem), *Gammaproteobacteria* e *Flavobacteria* (classes) tiveram abundância significativamente maior em amostras de pele com vitiligo. A tabela a seguir apresenta a porcentagem relativa de alguns grupos taxonômicos em pele com e sem lesão por vitiligo:

Tabela 1 – Proporção de bactérias por nível taxonômico encontrada em pele normal e com vitiligo

Nível Taxonômico		Filo a que pertence	Composição relativa na pele	
			Normal	Vitiligo
Gênero	<i>Corynebacterium</i>	<i>Actinobacteria</i>	18,97%	14,8%
Família	<i>Corynebacteriaceae</i>	<i>Actinobacteria</i>	17,17%	12,7%
Ordem	<i>Flavobacteriales</i>	<i>Bacteroidetes</i>	0,94%	2,69%
Classes	<i>Gammaproteobacteria</i>	<i>Proteobacteria</i>	11,37%	17,61%
	<i>Flavobacteria</i>	<i>Bacteroidetes</i>	0,93%	2,64%

- **Relação e associação entre as bactérias na comunidade:** os resultados da pesquisa mostraram que há maior diversidade de interações entre os vários membros da comunidade na pele não lesionada. Este resultado indica que há uma mudança drástica na dinâmica da comunidade quando se compara a pele lesionada e a não lesionada por vitiligo. A imagem a seguir mostra a rede de interações entre bactérias dos dois tipos de pele. É possível observar que há uma maior interação entre organismos na pele sem lesão.

Figura 14 – Rede de interação entre bactérias em comunidades encontradas em pele sem vitiligo (a) e com vitiligo (b)



Legenda: Quanto maior a quantidade de linhas observadas nos gráficos, maior a quantidade de interações entre diferentes espécies de bactérias. Peles lesionadas apresentam menor interação entre diferentes espécies.

Fonte: Adaptado de GANJU *et al.*, 2016.

Os resultados anteriormente citados indicam uma clara diferença entre a microbiota de pele afetada e não afetada por vitiligo. No estudo, os autores afirmam que a pele é um importante ecossistema e que a comunidade de microrganismos presente nesse órgão permanece relativamente estável ao longo do tempo. E essa estabilidade é essencial para a manutenção de uma pele saudável. Por esse motivo, houve essa espe-

culação por parte dos cientistas, sugerindo que a doença poderia estar relacionada a alguma alteração nas comunidades microbianas da pele.

Figura 15 – Cultura de bactérias em placa de Petri



Legenda: Esse tipo de cultura é comumente preparado para se estudar esses microrganismos.

Fonte: Wikimedia Commons™.

Foto: Fabvv07.

As respostas obtidas no estudo de Parul Ganju e seus colaboradores indicam uma redução na diversidade de espécies bacterianas na pele com vitiligo. Além disso, foram observados táxons microbianos específicos de partes lesionadas. Ainda nesta pesquisa, observou-se uma maior interação entre bactérias na pele sem vitiligo, em comparação com a pele afetada, indicando uma alteração na dinâmica da comunidade.

Apesar dos resultados obtidos, o estudo não possibilita definir se são as alterações na comunidade de bactérias que causam a doença ou se é a doença, com as várias alterações fisiológicas no local lesionado, que proporciona ambiente para uma mudança no perfil da comunidade microbiana. Outros estudos são necessários para se compreender melhor a importância das bactérias da pele no processo de desenvolvimento do vitiligo. Entretanto, este trabalho ajuda a compreender o potencial de influência da comunidade de microrganismos nesta doença e

possibilita o início de um estudo que pode levar a novos diagnósticos e tratamentos para o vitiligo.

## 4.1 Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?

Os conceitos listados abaixo são importantes para uma melhor compreensão do texto lido. Procure mais informações a respeito desses conceitos e discuta-as com seu professor.

Microbiota

Taxonomia

Táxons (níveis taxonômicos)

Reino monera (bactérias)

Tecidos dos animais (epiderme e derme)

Pele humana (pigmentos da pele)

Sistema imune

Vitiligo

Níveis de organização dos seres vivos

## 4.2 Exercícios e atividades multidisciplinares

1. Vitiligo é uma doença de pele que afeta várias pessoas em várias partes do mundo e, por isso, há essa preocupação, observada no texto, em se descobrir exatamente o que causa essa doença, para que seja possível encontrar maneiras de amenizar seus sintomas ou, quem sabe, sua cura. Sobre este assunto, são propostas as seguintes atividades e questões:

a) Faça um levantamento, com base em documentos disponíveis na internet, da quantidade de pessoas, em média, atingidas por vitiligo no Brasil e no mundo.

b) O sintoma mais evidente desta doença é a perda de pigmentação da pele devido à morte de melanócitos. Isso faz com que a pele fique clara, sem cor. Quais as possíveis consequências dessa perda de pigmentos para o organismo? De que formas esses problemas podem ser amenizados?

c) Ainda não existe uma informação definitiva sobre o que causa o vitiligo. O texto lido cita que uma das causas pode ser a alteração na microbiota da pele ou no funcionamento do sistema imunológico da pessoa. Procure mais informações sobre o assunto e cite outras possíveis causas do vitiligo. Analise as causas encontradas e responda: na sua opinião, qual é a causa mais provável para esta doença? Por que?

2. De quando são os primeiros estudos e a identificação da doença vitiligo? Naquele período, o que se acreditava ser a causa dessa doença?

## 4.3 Conversando sobre o assunto

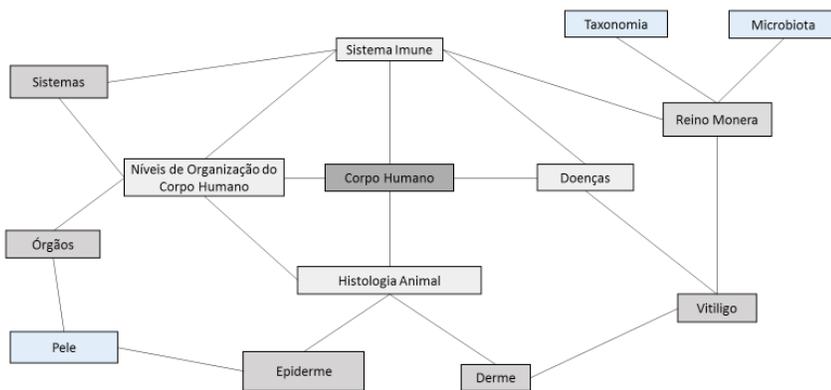
1. A notícia abaixo divulga um tipo de tratamento experimental que apresentou resultados positivos no tratamento da doença vitiligo. Leia a notícia e faça as atividades propostas:

“Cientistas reverterem vitiligo em paciente com droga para artrite / Medicamento Tofacitinib restaurou em poucos meses a pigmentação da pele — Pesquisadores de Yale descobriram que um medicamento desenvolvido para tratar casos de artrite reumatoide conseguiu restaurar a pigmentação da pele de uma paciente que sofria de vitiligo Os dados foram publicados na revista ‘JAMA Dermatology’. A investigação foi conduzida pela equipe do cientista Brett King, da Escola de Medicina da Universidade Yale”.

Fonte: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/06/cientistas-revertem-vitiligo-em-paciente-com-droga-para-artrite.html>>

- a) Com base nas informações presentes no texto e na notícia acima, explique por que o tratamento com medicamentos para artrite reumatoide teve resultados positivos na cura do vitiligo.
- b) A notícia afirma que o vitiligo é causado por alterações no sistema imune. Com base em todas as leituras feitas, é possível afirmar definitivamente que esta é a causa da doença? Justifique.
- c) Forme grupos e converse com seus colegas sobre as possíveis causas do vitiligo e, para cada causa, proponha um tipo de tratamento. Anote essas informações em seu caderno e compartilhe com os colegas de sala.

Mapa 4 – Mapa hierárquico com conceitos ligados ao tema focal “corpo humano” que podem ser estudados e compreendidos após a leitura do texto 4



Fonte: Os autores.

# **CAPÍTULO 5**



# AGROTÓXICOS: PROBLEMA OU SOLUÇÃO?

Com os avanços tecnológicos e científicos e o aumento do conhecimento humano, muitas novidades foram surgindo na sociedade, sendo algumas consideradas boas e úteis para a humanidade e outras nem tão legais assim. Entre essas novidades, uma série de produtos, equipamentos e utensílios que facilitam o dia a dia no campo e auxiliam produtores rurais das mais diferentes maneiras devem ser consideradas. Essa facilidade, inclusive, possibilitou a redução da mão de obra em áreas rurais e a ida de várias pessoas para as cidades, fenômeno historicamente conhecido como êxodo rural.

Algo que acelerou e, sob alguns aspectos, facilitou a produção agrícola foi a descoberta e o uso dos agrotóxicos. Esses produtos são utilizados como defensores da plantação, eliminando pragas que naturalmente destruiriam o plantio, aumentando com isso a produção.

Mas será que esses produtos químicos atingem somente organismos danosos à agricultura? Será que eles são tão bons quanto parecem? Poderiam os agrotóxicos agirem além do que é proposto para eles e prejudicarem o ambiente?

Em uma pesquisa realizada por Gemma Baron, Nigel Raine e Mark Brown foi avaliado o impacto que o inseticida neonicotinoide Tiametoxam™ pode causar em rainhas de quatro espécies diferentes de abelhas. Sabe-se que as abelhas-rainhas têm função reprodutora para a colmeia. São elas que botam os ovos dos quais nascem as operárias, os zangões ou as novas rainhas.

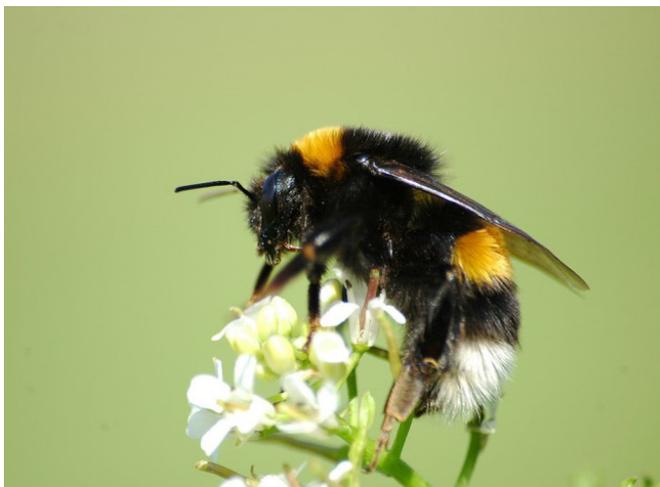
As abelhas são insetos muito importantes para as plantas, pois são polinizadoras e contribuem para a fecundação vegetal ao espalharem grãos de pólen de forma homogênea na flor (vide primeiro capítulo). Por esse motivo os pesquisadores se preocuparam em saber se o agrotóxico

que é utilizado para proteger a plantação dos insetos nocivos, não estaria também prejudicando o plantio, eliminando os insetos polinizadores.

Embora possa parecer uma novidade, várias pesquisas avaliando o impacto de diferentes tipos de agrotóxicos sobre comunidades de abelhas já foram realizadas. Entretanto, a maioria delas investiga os impactos sobre a colmeia como um todo e em espécies específicas, sobretudo em *Bombus terrestris* e *Bombus impatiens*, abelhas comuns na Europa e na América do Norte, respectivamente. Essas abelhas são mais facilmente manuseadas em laboratório e por isso são amplamente utilizadas em pesquisas.

Entretanto, ao pesquisar somente essas espécies, há uma limitação em saber quais impactos os agrotóxicos podem causar em outras abelhas, que participam da polinização de plantas silvestres. Veja que o impacto, caso exista, pode ir além das abelhas. Ao causar danos em abelhas-rainhas o agrotóxico pode impedir a reprodução na colmeia e a redução de abelhas impacta diretamente a fecundação em plantas silvestres, prejudicando todo o ambiente.

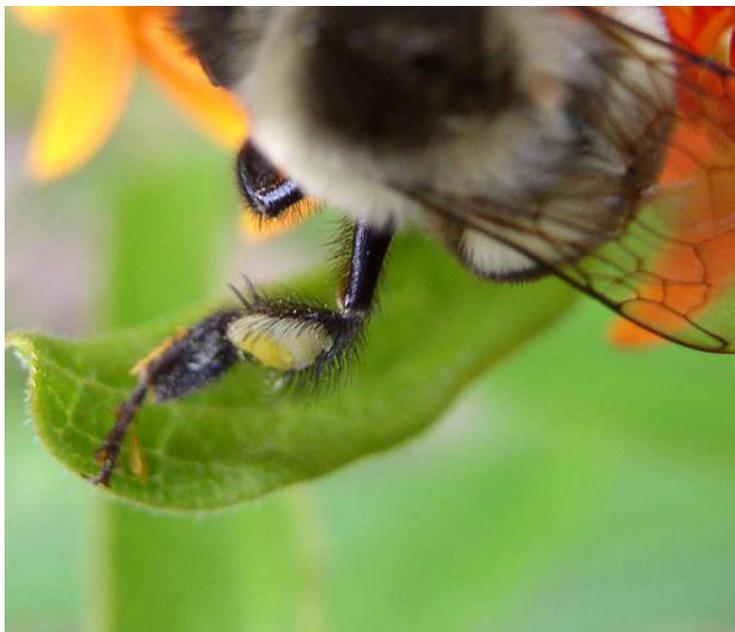
Figura 16 – Abelha da espécie *Bombus terrestris* em flor de planta silvestre



Fonte: Wikimedia Commons™.

Foto: Vera Buhl.

Figura 17 – Detalhe da corbícula da abelha



Legenda: É na corbícula, localizada na tíbia da perna traseira, que se prendem os grãos de pólen.

Fonte: Wikimedia Commons™.

Foto: Beatriz Moisset.

No trabalho feito por Gemma Baron, Nigel Raine e Mark Brown foram estudadas abelhas das espécies *B. terrestris*, *B. lucorum*, *B. pratorum* e *B. pascuorum* — abelhas silvestres que normalmente polinizam plantas silvestres.

Para realizar a investigação, os pesquisadores coletaram 506 rainhas das espécies supracitadas entre março e abril de 2014, em Windsor Great Park, no Reino Unido. Os indivíduos de cada espécie foram coletados o mais cedo possível na estação — na Europa, a primavera ocorre entre os meses de março e junho — e dentro de um curto espaço de tempo. Isso minimizou o tempo entre as capturas e, na medida do possível, padronizou a experiência.

Rainhas com pólen armazenado em suas corbículas não foram coletadas porque provavelmente já haviam estabelecido um local de nidifi-

cação (já deveriam ter um ninho para postura de ovos) e, por isso, não seriam bem aproveitadas na pesquisa.

A região de Windsor Great Park, onde foram coletadas as abelhas, é cercada por áreas agrícolas e urbanas, onde as rainhas podem também ter entrado em contato com pesticidas utilizados em jardins ou culturas. Por esse motivo, os pesquisadores não puderam controlar a exposição das rainhas coletadas a outros pesticidas e nem teriam como saber o quanto esses pesticidas anteriores poderiam influenciar os resultados. Para diminuir qualquer influência, as rainhas foram distribuídas aleatoriamente nos grupos de tratamento, que são aqueles que, durante a pesquisa, não recebem nenhum tipo de inseticida, para efeitos de comparação com os outros que foram contaminados.

Figura 18 – Windsor Great Park, Reino Unido  
(local de coleta das abelhas estudadas)



Fonte: Wikimedia Commons™.  
Foto: David Dixon.

As amostras fecais das rainhas foram examinadas no microscópio, para verificar a presença de larvas de vermes. Rainhas infectadas foram excluídas da experiência, no intuito de evitar qualquer influência de verminoses nos resultados da pesquisa. Isso é importante para que os

pesquisadores possam verificar se o causador de qualquer alteração observada nas rainhas é realmente o agrotóxico testado.

As rainhas foram então distribuídas em caixas de criação e mantidas numa sala escura a uma temperatura constante de 28 °C e umidade de 50%. Para cada caixa, foi disponibilizado um xarope com açúcar como alimento e grãos de pólen, imitando o ambiente natural das abelhas.

As caixas de criação receberam diferentes doses do inseticida Tiametoxam™, conforme a tabela a seguir:

Tabela 2 – Doses do inseticida Tiametoxam™ administradas para cada grupo e espécie

Espécie	Grupo Controle 0 ppb de tiametoxam	Grupo Dose Baixa 1 ppb de tiametoxam	Grupo Dose Alta 4 ppb de tiametoxam
<i>B. terrestris</i>	Caixa de criação 1	Caixa de criação 2	Caixa de criação 3
<i>B. lucorum</i>	Caixa de criação 1	Caixa de criação 2	Caixa de criação 3
<i>B. pratorum</i>	Caixa de criação 1	Caixa de criação 2	Caixa de criação 3
<i>B. pascuorum</i>	Caixa de criação 1	Caixa de criação 2	Caixa de criação 3

As doses baixa e alta na tabela estão dentro do intervalo de resíduos de Tiametoxam™ encontrados no pólen armazenado e no néctar de colônias das abelhas selvagens estudadas. Isto significa que os estudos se baseiam na quantidade de inseticidas que as abelhas recebem naturalmente, para que se possa verificar o quanto o agrotóxico usado em plantações pode interferir nas populações das abelhas.

As rainhas foram tratadas com o xarope contendo pesticida durante 14 dias. Normalmente, as rainhas ficam fora do ninho e expostas aos pesticidas presentes nas flores por um período de aproximadamente quatro semanas. Portanto, um período de exposição de 14 dias, usado no experimento, é um período conservador, já que naturalmente as rainhas ficam expostas por mais tempo.

Após o período de exposição aos inseticidas, as abelhas foram observadas por mais duas semanas, para se avaliar quaisquer impactos imediatos causados pelo agrotóxico, como mortalidade, produção de cera e desenvolvimento de ovário (comuns às rainhas no período de

nidificação). Após o período de quatro semanas, todas as abelhas foram congeladas e foi iniciado o processo de análise.

As principais observações feitas e comparadas foram em relação à alimentação, à sobrevivência até o final da experiência de quatro semanas, à iniciação da produção de cera, à iniciação da postura de ovos e ao comprimento médio dos oócitos (células reprodutoras). No final do período de tratamento, com a exclusão de abelhas infectadas e a perda de abelhas que escaparam, restaram 230 abelhas das diferentes espécies para serem avaliadas. Os principais resultados obtidos são os seguintes:

- **Alimentação:** a dose elevada de tratamento com pesticidas teve um impacto negativo no consumo de xarope por *B. pascuorum* e *B. pratorum*. Isso indica que estas duas espécies reduziram a alimentação quando submetidas a doses altas do inseticida. Mesmo assim, apesar da redução na alimentação das rainhas do grupo de altas doses, o consumo do agrotóxico foi, em média, maior, comparado com os grupos controle e de dose baixa.
- **Desenvolvimento do ovário:** a exposição a doses elevadas de Tiametoxam™ causou uma redução no comprimento dos oócitos terminais das rainhas. Isto foi verificado em todas as espécies. A média de redução no comprimento dos oócitos foi de 8,1% em *B. lucorum*, 13,8% em *B. pascuorum*, 5,9% em *B. pratorum* e 4,6% em *B. terrestris*, em comparação com os grupos-controle das mesmas espécies.
- **Sobrevivência:** em todas as espécies, 88% das rainhas (203) sobreviveram durante o período de observação de quatro semanas. O tratamento com pesticidas não teve impactos significativos na taxa de mortalidade das rainhas.
- **Comportamento de enceramento:** mais da metade das rainhas (53%) exibiram comportamento de enceramento durante o experimento. A produção de cera pelas abelhas é importante para a construção da colmeia.
- **Postura de ovos:** houve diferenças na postura de ovos entre as espécies. Rainhas de *B. terrestris* iniciaram uma colônia dentro de

quatro semanas. Foi a espécie mais rápida. *B. pratorum* teve a taxa de iniciação de colônia mais baixa.

Com base nos resultados acima, os pesquisadores concluíram que abelhas-rainhas selvagens das espécies *B. terrestris*, *B. lucorum*, *B. pratorum* e *B. pascuorum* estão susceptíveis a agrotóxicos neonicotinoides, como o Tiametoxam™, um dos mais usados no Reino Unido e em diversos outros países.

Os resultados indicam que doses relevantes deste inseticida podem ter impactos negativos no desenvolvimento do ovário de abelhas-rainhas de várias espécies de abelhas selvagens. Isso significa que, indiretamente, o agrotóxico em estudo pode causar a eliminação de diversas abelhas, já que interfere diretamente no processo reprodutivo da espécie.

Além disso, foi observado que as rainhas de *B. pratorum* e *B. pascuorum* tiveram uma redução no consumo de xarope, o que indica uma diminuição na alimentação destas espécies. Como *B. terrestris* e *B. lucorum* não apresentaram redução no consumo de xarope, os pesquisadores concluíram que pode haver uma diferença na sensibilidade ao pesticida entre as abelhas.

A exposição à dose elevada de Tiametoxam™ causou uma redução no comprimento dos oócitos terminais das rainhas, mas essa redução das células reprodutoras não causou impactos na postura de ovos pelas rainhas. É importante ressaltar, entretanto, que poucas rainhas botaram ovos no período observado, o que pode explicar a não detecção de impactos dos pesticidas sobre a postura de ovos.

O grupo de rainhas que foi tratado com doses baixas de Tiametoxam™ não apresentou nenhum efeito significativo, o que indica que os impactos nas abelhas dependem do tamanho da dose de inseticida com a qual elas têm contato.

Tampouco foi observado qualquer impacto do inseticida na sobrevivência das abelhas-rainhas. Entretanto, o estudo permitiu evidenciar que a exposição ao pesticida Tiametoxam™ no campo pode impactar a alimentação e o desenvolvimento do ovário em várias espécies de abelhas-rai-

nhas selvagens. Esse impacto pode, indiretamente, interferir na dinâmica da população de abelhas e no funcionamento da colmeia, uma vez que pode haver problemas reprodutivos. Portanto, o inseticida Tiametoxam™ pode, além de eliminar pragas de plantações, prejudicar abelhas selvagens, que são fundamentais para a polinização de diversas espécies de plantas.

Com base nos resultados, os autores afirmam que é urgentemente necessário obter mais informações sobre os resíduos e a persistência dos pesticidas nas culturas, nas plantas silvestres e nos ninhos de abelhas selvagens, a fim de avaliar os riscos de exposição aos agrotóxicos e desenvolver formas de prevenir a redução das espécies devido ao contato com agroquímicos.

Como seres racionais que somos, e usando esse raciocínio para entender que somos completamente dependentes de outras espécies para nossa sobrevivência, devemos buscar maneiras de continuar cultivando nossos alimentos, mas sem destruir toda a fauna e flora ao redor das plantações.

## 5.1 Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir mais sobre o assunto?

Aumente seus conhecimentos aprendendo sobre os termos a seguir. Você pode procurar informações em diversos sites, em livros de ciências e biologia, ou com seu professor. Ao compreender os conceitos abaixo você poderá interpretar melhor o texto lido.

- Agrotóxicos neonicotinoides
- Interações ecológicas (sociedade)
- Classificação biológica (artrópodes)
- Abelhas (função da rainha, do zangão e das operárias)
- Reprodução das abelhas
- Polinização (tipos de polinização)
- Estações do ano (no Brasil e na Europa)
- Verminoses

## 5.2 Exercícios e atividades multidisciplinares

1. Faça o desenho de um pequeno mapa-múndi e identifique nesse desenho o local aproximado de Windsor Great Park, no Reino Unido. Peça ajuda ao professor para fazer essa identificação. Depois disso, procure informações para responder as questões a seguir:

- a) Qual o clima nessa região do planeta?
- b) Quais tipos de plantaço são mais comuns nessa região? As abelhas são atraídas por esse tipo de cultura? Justifique.
- c) Por que as estações do ano nesta parte do planeta são diferentes das estações do ano aqui no Brasil? Responda a essa questão comentando sobre solstícios e sobre o movimento de rotação e translação do planeta.

2. As abelhas vivem em sociedades em que cada indivíduo do grupo é responsável por uma “tarefa”. Cada indivíduo (rainha, operária, zangão) possui características fisiológicas e anatômicas que os diferenciam. Suponha que o agrotóxico estudado no texto atinja somente um destes indivíduos. Faça um quadro informando quais seriam as consequências para a colmeia caso cada um deles fosse o prejudicado pelo Tiametoxam<sup>TM</sup>.

3. Como as abelhas se alimentam? Sabendo a resposta, responda: por que esses insetos são excelentes polinizadores?

4. Com base na leitura e interpretação do texto, responda: por que abelhas que continham vermes não poderiam ser utilizadas na experiência feita por Gemma Baron, Nigel Raine e Mark Brown?

5. Utilizando informações do texto, monte um quadro, conforme o modelo abaixo, informando os principais resultados obtidos para cada item analisado na pesquisa e para cada espécie de abelha estudada. Após

a elaboração do quadro, informe como cada característica estudada pode interferir na sobrevivência da espécie (caso a característica tenha sofrido alterações em relação ao grupo controle).

Característica Estudada	<i>B. pascuorum</i>	<i>B. pratorum</i>	<i>B. terrestris</i>	<i>B. lucorum</i>
Alimentação				
Desenvolvimento do ovário				
Sobrevivência				
Enceramento				
Postura de ovos				

6. Faça um levantamento e anote informações sobre quando os agrotóxicos começaram a ser utilizados pela sociedade e sobre os impactos que esses produtos químicos causaram e causam no ambiente em geral.

7. Que outros organismos do filo dos artrópodes e parecidos com as abelhas poderiam ser prejudicados pelo uso de agroquímicos? Faça uma busca de informações e verifique se de alguma forma esses seres vivos são mesmo prejudicados por inseticidas.

## 5.3 Conversando sobre o assunto

1. Leia a notícia abaixo e faça as atividades propostas:

“Agrotóxicos ameaçam abelhas de extinção — Se as abelhas desaparecessem da face da terra, a humanidade só teria mais quatro anos de existência. Esta citação, que é, aliás, falsamente atribuída a Einstein, poderá ser verificada em breve. Apicultores e especialistas do mundo inteiro chamam a atenção dos governos contra o uso de pesticidas que matam as abelhas, os neonicotinoides.”

(...)

De acordo com o professor Gonçalves, as abelhas são eliminadas por várias causas, entre elas, os pesticidas neonicotinoides. Os agrotóxicos ‘agem no sistema nervoso das abelhas, principalmente no cérebro, fazendo com que elas tenham um problema de comunicação e se desorientem, esquecendo o local das colmeias’. O resultado desse efeito é que os insetos acabam desaparecendo e morrendo.

(...)

Segundo Breno Freitas, professor da Universidade Federal do Ceará, com o efeito dos neonicotinoides, as abelhas podem passar a não reconhecer mais a rainha e matá-la. ‘As larvas alimentadas com produtos contaminados podem chegar a causar uma série de mortalidades e até o nascimento de abelhas com deficiência’, comenta Breno Freitas.

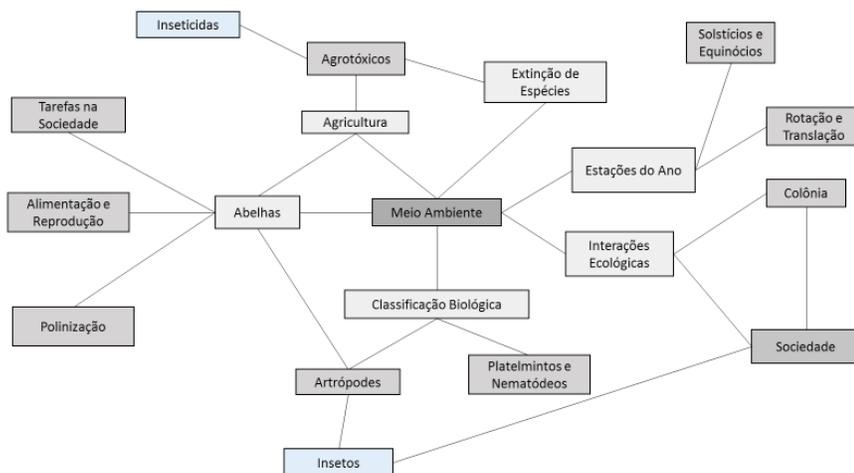
Fonte: <[http://www.agronatur.com.br/noticias/agrotoxicos\\_ameacam\\_abelhas\\_de\\_extincao](http://www.agronatur.com.br/noticias/agrotoxicos_ameacam_abelhas_de_extincao)>

a) A notícia acima cita outros efeitos que os inseticidas neonicotinoides podem ter sobre as abelhas. Junto com seus colegas, faça uma lista de todas as consequências negativas que esses pesticidas causam sobre esses insetos. Posteriormente, discuta com seus colegas o que pode ser feito para minimizar os impactos causados por agrotóxicos. Lembre-se que, mesmo causando impactos, esses produtos são importantes na agricultura.

b) Após conversar com seus colegas procure divulgar o que foi discutido por meio de cartazes, vídeos, jornal da escola ou outros meios. Não se esqueça de que, ao apontar o problema, devemos propor soluções.

c) Com base no texto lido, responda: por que a notícia acima afirma que a humanidade só teria mais quatro anos de vida caso as abelhas desaparecessem?

Mapa 5 – Mapa hierárquico dos conceitos ligados ao tema focal “meio ambiente” possíveis de serem estudados a partir da leitura do texto



Fonte: Os autores.

# REFERÊNCIAS

KLATT, B. K.; HOLZSCHUH, A.; WESTPHAL, C.; CLOUGH, Y.; SMIT, I.; PAWELZIK, E.; TSCHARNTKE, T. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of The Royal Society B*, Göttingen, v. 281, n. 1775, p. 1-8, Janeiro, 2014. Disponível em: < <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/281/1775/20132440>>. Acesso em: 01 de agosto de 2016.

MIDGLEY, J. J.; WHITE, J. D. M.; JOHNSON, S. D.; BRONNER, G. N. Faecal mimicry by seeds ensures dispersal by dung beetles. *Nature Plants*, Cidade do Cabo, v. 01, n. 141, p. 1-3, Outubro, 2015. Disponível em: <[www.nature.com/articles/nplants2015141](http://www.nature.com/articles/nplants2015141)>. Acesso em: 16 de novembro de 2016.

GALETTI, M.; GUEVARA, R.; CÔRTEZ, M. C.; FADINI, R.; VON MATTER, S.; LEITE, A. B.; LABECCA, F.; RIBEIRO, T.; CARVALHO, C. S.; COLLEVATTI, R. G.; PIRES, M. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, P. R.; BRANCALION, P. H.; RIBEIRO, M. C.; JORDANO, P. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. *Science*, Rio Claro, v. 340, n. 6136, p. 1086-1090, Maio, 2013. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/340/6136/1086>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2017.

GANJU, P.; NAGPAL, S.; MOHAMMED, M.H.; NISHAL KUMAR, P.; PANDEY, R.; NATARAJAN, V. T.; MANDE, S. S.; GOKHALE, R. S. Microbial community profiling shows dysbiosis in the lesional skin of Vitiligo subjects. *Scientific Reports*, Nova Deli, v. 6, n. 18761, p. 1-10, Janeiro, 2016. Disponível em: <[www.nature.com/articles/srep18761](http://www.nature.com/articles/srep18761)>. Acesso em: 04 de abril de 2017.

BARON G.L.; RAINE N.E.; BROWN M.J.F. General and species-specific impacts of a neonicotinoid insecticide on the ovary development and feeding of wild bumblebee queens. *Proceedings of The Royal Society B*, Londres, v. 284, n. 1854, p. 1-8, Maio, 2017. Disponível em: < <http://rspsb.royalsocietypublishing.org/content/284/1854/20170123>>. Acesso em: 23 de maio de 2017.

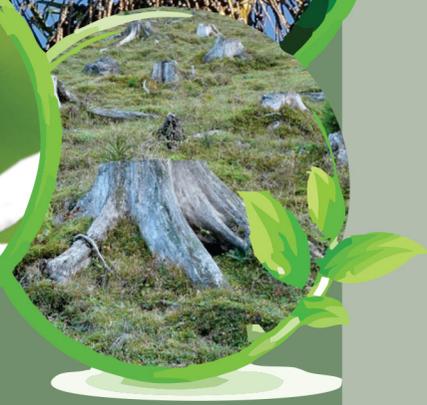
# SOBRE OS AUTORES

**Derli Barbosa dos Santos** é licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal Goiano, Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade pelo Centro Universitário Internacional - UNINTER e Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Ouro Preto. Atualmente é Professor de Ciências e Vice-Diretor Escolar na Rede Municipal de Ensino de Itabirito - Minas Gerais.

**Leandro Márcio Moreira** é biólogo, Especialista em Biologia Molecular, Mestre e Doutor em Bioquímica pelo IQ-USP. Está atualmente lotado no Departamento de Ciências Biológicas (ICEB/UFOP) como Professor Associado I. É professor e um dos cocriadores do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da UFOP.

“Este livro foi desenvolvido com as fontes *Berkeley Oldstyle*  
e *Pill Gothic*, conforme Projeto Gráfico aprovado pela  
Diretoria da Editora UFOP em 2014.”

O livro **Ciência Aplicada para a Educação Básica** foi pensado e elaborado para auxiliar professores da Educação Básica no ensino de Ciências. O livro propõe uma forma diferenciada de ensino, baseada nos três momentos pedagógicos (problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento), a partir de cinco textos de divulgação científica. Cada texto é acompanhado de exercícios conceituais e multidisciplinares que possibilitam a compreensão de diversos conceitos científicos de forma simples e prazerosa.



editora **UFOP**

