Ecologia e Sustentabilidade

Ecologia e sustentabilidade

Ana Cláudia Oliveira de Souza

© 2017 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente
Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação
Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico
Alberto S. Santana
Ana Lucia Jankovic Barduchi
Camila Cardoso Rotella
Cristiane Lisandra Danna
Danielly Nunes Andrade Noé
Emanuel Santana
Grasiele Aparecida Lourenço
Lidiane Cristina Vivaldini Olo
Paulo Heraldo Costa do Valle
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica
Andréia Marega Luz
Paulo Sergio S. da Silva

Editoração
Adilson Braga Fontes
André Augusto de Andrade Ramos
Cristiane Lisandra Danna
Diogo Ribeiro Garcia
Emanuel Santana
Erick Silva Griep
Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Souza, Ana Cláudia de Oliveira
S719e Ecologia e sustentabilidade / Ana Cláudia Oliveira de Souza. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.
192 p.

ISBN 978-85-8482-822-7

1. Ecologia. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Título.

CDD 363.7

2017
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 — Londrina — PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: http://www.kroton.com.br/

Sumário

Unidade 1 | Fundamentos da ecologia 7

Seção 1.1 - O "estudo da casa" ou ecologia 9
Seção 1.2 - Os níveis hierárquicos de organização 21
Seção 1.3 - Rigor científico em estudos ecológicos 34

Unidade 2 | Ecologia de populações 49

Seção 2.1 - Populações e o indivíduo 51
Seção 2.2 - Propriedades da população 65
Seção 2.3 - Crescimento populacional e estratégias demográficas 79

Unidade 3 | Ecologia de ecossistemas e comunidades 95

Seção 3.1 - Comunidades: nível intermediário entre ecossistema e população 97
Seção 3.2 - Ecossistemas: alguns conceitos 111
Seção 3.3 - Estudo dos ciclos biogeoquímicos 127

Unidade 4 | Ecologia sustentável 143

Seção 4.1 - Sustentabilidade, a palavra da vez 145
Seção 4.2 - Integrando sustentabilidade e ecologia 159
Seção 4.3 - Sociedades sustentáveis 173

Palavras do autor

Bem-vindo(a) à disciplina de Ecologia e sustentabilidade, esperamos que seu desejo de conhecimento seja instigado por esta área e que possa aproveitar os fundamentos e aplicabilidades aqui desenvolvidos e assimilados em sua futura vida profissional.

A necessidade de pensar as inter-relações dos diferentes seres vivos e seu entorno foi traduzida através do tempo pela disciplina de Ecologia. Esta área de conhecimento é muito dinâmica e, constantemente, aperfeiçoa o entendimento de conceitos e processos que são importantíssimos para compreender a vida na Terra. Neste sentido, iremos trilhar juntos os caminhos para compreender o "estudo da casa", aliados à questão de sustentabilidade, por meio do autoestudo deste livro didático e demais materiais disponibilizados.

É fundamental a sua dedicação para se aventurar nesta disciplina, pois somente por meio desta postura será possível adquirir as importantes competências apresentadas, que podem ser resumidas em: conhecer os três níveis de organização da Ecologia (ecossistemas, comunidades e população) e integrar a temática à sustentabilidade.

Para ajudá-lo no primeiro passo, a Unidade 1 fará uma introdução à Ecologia e suas principais abordagens, trazendo uma breve orientação em relação à necessidade da metodologia científica para esta área. A segunda e terceira unidades foram reservadas para detalhar os três níveis hierárquicos da Ecologia: população, comunidade e ecossistema. Veremos os principais conceitos de cada nível e como eles estão interligados. Para finalizar, a quarta unidade integrará o tema de Ecologia e sustentabilidade, colocando em foco a ação do homem sobre o meio ambiente e discutindo questões atuais do século XXI.

Vamos começar!

Fundamentos da ecologia

Convite ao estudo

Olá, aluno(a). Seja bem-vindo(a)!

Iniciaremos nossa primeira unidade do presente livro didático, que terá o intuito de introduzir o estudo pertinente à disciplina de Ecologia.

Durante o desenvolvimento desta unidade, espera-se que você entenda os fundamentos da Ecologia e possa aplicá-los em atividades científicas. Os objetivos específicos serão: conhecer os primórdios desta área; obter uma visão preliminar dos três níveis hierárquicos de organização ecológica (população, comunidade e ecossistema); e buscar aperfeiçoar o conhecimento sobre as bases do processo científico.

Diversos naturalistas do século XIII afirmaram que grande parte dos progressos da ciência são frutos da observação da natureza. Você já observou a natureza ou até mesmo pensou como poderia investigá-la?

Para algumas pessoas, essa afirmação pode parecer distante, entretanto, use a imaginação e se coloque na seguinte situação que será utilizada por nós como um contexto de aprendizagem: após finalizar o seu curso de graduação, você decidiu se inscrever em um programa de especialização na área de Ecologia, em uma universidade de seu estado de origem. Entre os requisitos para efetuar a inscrição, é necessário elaborar um projeto preliminar de estudo científico na área de Ecologia, que deve conter: (1) uma introdução sobre a importância do "estudo da casa"; (2) uma avaliação preliminar de hipótese; e (3) uma proposta metodológica para testar a hipótese fornecida pelo programa de pós-graduação. O

projeto deve testar a seguinte hipótese: plantas de café com nutrição adequada são mais tolerantes ao estresse hídrico.

Algumas perguntas devem ser feitas no momento de produção do projeto: o que significa o termo "Ecologia"? Quais os três principais níveis hierárquicos de organização na área ecológica? É necessário utilizar metodologia científica em estudos ecológicos? Quais as etapas usuais de um processo metodológico científico?

Para responder às perguntas, que estão relacionadas ao tema da unidade, você será instruído sobre a história da área de Ecologia e verá uma abordagem preliminar dos níveis hierárquicos de organização, tudo isso aliado à metodologia científica, que é a base desta ciência.

Bons estudos!

Seção 1.1

O "estudo da casa" ou ecologia

Diálogo aberto

Caro(a) aluno(a), como foi exposto no item Convite ao estudo, nosso contexto de aprendizagem estará fundamentado em sua intenção de realizar uma pós-graduação na área de Ecologia e, para tanto, você deverá escrever um projeto preliminar de estudo científico na área.

Muito bem, vamos à nossa primeira parte do projeto. Imagine que, para escrever um bom projeto preliminar, você decide revisar seus conhecimentos sobre a Ecologia por meio de um livro da disciplina usado em sua graduação. Você percebe que o livro é completo e que as leituras sugeridas por ele serão relevantes para a construção do projeto preliminar. Seu foco nesta etapa será elaborar uma introdução sobre a importância do "estudo da casa" e o objetivo geral será conhecer, compreender, analisar e sintetizar eventos históricos na Ecologia; enfoques usuais da área; alguns conceitos gerais; e a importância da Ecologia na atualidade.

Pode parecer uma tarefa simples, mas você deve estar ciente de que, embora algumas evidências de temas ecológicos tenham sido encontradas em documentos antigos, o desenvolvimento desta ciência foi gradativo e sua importância ganhou destaque nas últimas décadas com a conscientização ambiental por parte da população mundial. Neste contexto, você já se perguntou qual é o significado do termo "Ecologia"? Qual é o seu objetivo? Quais marcos históricos são mais interessantes para citar? Por que as descobertas de Lamark e Darwin mudaram o rumo do entendimento na área de Ecologia? Atente-se em responder resumidamente a esses quatro questionamentos principais e a primeira etapa do projeto estará cumprida.

Estes e outros temas serão abordados nesta seção, como: os tipos de enfoque que geralmente encontramos na área de Ecologia e alguns conceitos básicos que serão usados e aprofundados em outras seções deste livro. Todos estes conteúdos integrados ajudaram você a desenvolver uma visão geral da área de Ecologia e a refletir sobre o

passado desta ciência, pensando em suas possibilidades futuras, visto que os temas desafiadores que envolvem a área ecológica são muitos e estão em foco no nosso século.

Não pode faltar

Conscientes de que a busca para compreender o universo e o nosso planeta sempre estiveram presentes na história das civilizações, várias ciências foram criadas e, até hoje são aperfeiçoadas, em busca deste tipo de conhecimento. Entre essas ciências, temos a Ecologia ou "estudo da casa", pois é uma derivação das palavras gregas *oikos* (casa, ambiente) e *l*ogos (estudo), que tem como objetivo geral a investigação integrada de todos os organismos presentes e dos processos funcionais que são fundamentais para manter o equilíbrio da casa ou ambiente.

Os séculos XVI e XVII foram marcados por descobertas revolucionárias na Física e Astronomia. Prevalecia a visão cartesiana-newtoniana que basicamente compreendia o mundo como uma máquina. Buscava-se, naquela época, a descrição matemática da natureza por meio do método analítico de raciocínio (decompor pensamentos e problemas em suas partes componentes e em dispô-las em sua ordem lógica).

Reflita

A fragmentação do pensamento devido à visão cartesiana-newtoniana influenciou e deixou reflexos até os dias atuais. Um exemplo muito utilizado pelos professores é a forma de divisão das disciplinas acadêmicas. Você já refletiu sobre esta visão de mundo? Considera que a visão mais integradora da natureza que temos hoje é melhor?

Embora alguns temas ecológicos tenham sido verificados em documentos produzidos por filósofos gregos, ou mesmo aplicados para combater pragas de culturas por povos como os egípcios e babilônios, a crença de que todos os aspectos dos fenômenos complexos podem ser compreendidos se reduzidos às suas partes constituintes assolou os estudos da natureza por muito tempo. Alguns resultados de cientistas de diferentes nacionalidades mudaram ideais e quebraram barreiras, principalmente no final do século XVIII e primeira metade do século XIX, fatos que foram fundamentais para construção e estabelecimento da Ecologia moderna. Desta forma, o que podemos concluir é que a ciência da Ecologia teve um desenvolvimento gradativo.

Entre os importantes naturalistas viajantes, Lamarck (1744-1829)

e Darwin (1809-1882) foram fundamentais para esta quebra de barreiras devido à divulgação de seus resultados que apresentaram, respectivamente: uma teoria da evolução fundamentada na prevalência dos fatores do meio físico e outra na influência das relações entre organismos, levando à seleção natural. Neste sentido, não era cabível nestas teorias a noção de um mundo ordenado e finalístico, sendo que, a partir deste momento, a visão de um mundo formado por estruturas complexas que estão em permanente mudança passa a ser muito mais adequada. No século XX, a chamada visão sistêmica estabeleceu um lugar de destaque e, hoje, é amplamente discutida e praticada em nível mundial.

Fundamentado principalmente por Darwin (1809-1882) e outros importantes cientistas de campo e laboratório, o biólogo alemão Ernst Heinrich Haeckel (1834-1919) sugeriu o termo "Ecologia" em 1869. Entre as várias considerações interessantes propostas por esse biólogo, a investigação do modo como animais, plantas e humanos são dependentes de seus respectivos ambientes chamou a atenção de muitos colegas de área naquela época.

Após este ano simbólico, vários marcos históricos que são resultados de estudos relevantes podem ser citados: a introdução da noção de biocenose por Möbius (1877) e grandes avanços nos estudos da limnologia por meio de trabalhos de Forbes (1887), Forel (1892; 1904) e Thienemann (1926). Embora de origem dinamarquesa, o botânico Eugenius Warming estudou o cerrado na região de Santa Lagoa (MG); fato que acabou por dar destaque ao Brasil, afinal, era um dos primeiros estudos sobre Ecologia Terrestre conhecido mundialmente. A ilustração científica era – e ainda é – uma forma de representação muito usada pelos botânicos. Veja a Figura 1.1, um desenho feito pelo botânico dinamarquês do cerrado na região de Minas Gerais.

Figura 1.1 | Desenho a lápis feito por Sr. Warming. Os exemplares originais se encontram na Biblioteca do Jardim Botânico da Universidade de Copenhague (Dinamarca)

Fonte: adaptada de Klein (2002, p. 55).

Pesquise mais

Para saber mais sobre o estudo de Eugen Warming, leia o livro a seguir:

KLEIN, Aldo Luis. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro**: um século depois. São Paulo: Editora Unesp, 2002. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=17841>. Acesso em: 24 out. 2016.

A Ecologia apresenta uma fundamentação dinâmica e não rígida. Esta condição, embora seja considerada positiva em determinados aspectos, causa um relativismo de interpretação de sua definição de acordo com diferentes autores. Veja os exemplos a seguir:

- Estudo científico das interações que determinam a distribuição e abundância dos organismos (KREBS, 1972): visão que confere importância às interações bióticas na estruturação das comunidades.

- Estudo do meio ambiente que enfoca as inter-relações entre os organismos e seu meio ambiente de entorno: visão que confere importância às questões físico-biológicas.

- Estudo científico da distribuição e abundância dos organismos e das interações que as determinam (BEGON et al., 2007).

Assimile

Embora existam várias interpretações de diversos autores, que podem ser encontradas em literatura da área ecológica, o objetivo geral da Ecologia Moderna é a investigação integrada de todos os organismos presentes e dos processos funcionais que são fundamentais para manter o equilíbrio da casa ou ambiente.

Pesquise mais

Uma boa linha do tempo da Ecologia foi realizada no artigo a seguir. Aprofunde seus conhecimentos por meio desta leitura:

POLINARSKI, Celso Aparecido; DALZOTTO, Edilaine; NUNES, Maria Júlia Corazza. Da história natural a ascensão da ecologia como área de estudos para a Biologia. **II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Paraná – UTFPR, n. 191, 2010. Disponível em: <http://www.sinect.com.br/anais2010/artigos/EB/191.pdf>. Acesso em: 24 out. 2016.

Diferentemente das várias interpretações possíveis para a definição de Ecologia no passado, as possibilidades em relação a seu enfoque ou abordagem são bem mais claras, sendo dois enfoques muito usuais:

1. **Descritivo**: fundamenta-se na descrição de um objeto de estudo (organismo, animal) com o caráter de fazer algumas inferências básicas. Alguns especialistas afirmam que um ponto negativo deste tipo de pesquisa é sua condição redundante ou limitante, que pode gerar poucos resultados elaborados.

Exemplificando

A realização de levantamos de flora e fauna é um exemplo de estudo descritivo da área de Ecologia, que são fundamentais para conhecer a biodiversidade local e/ou regional.

2. **Experimental**: fundamenta-se em elaborar e testar uma hipótese, seja por meio de experimentos de laboratório ou de campo. A ressalva em relação a esta abordagem é que ela pode ser muito distante da realidade, comprometendo os resultados.

Embora existam ressalvas para esses enfoques de pesquisa, é essencial percebermos que ambos são importantes e devem ser realizados, pois não são excludentes mas, sim, complementares.

Outra possibilidade de enfoque na Ecologia pode ser em relação ao caráter explicativo ou preditivo sobre algo ou fato estudado. No primeiro caso, busca-se uma explicação para determinado fator a partir de outras variáveis presentes no meio. Já no segundo caso, busca-se prever determinado fato com base em condições passadas e presentes de uma (ou mais) variável(eis) do ambiente. Observe na Figura 1.2 a representação fotográfica de alguns enfoques de estudos ecológicos.

Exemplificando

A investigação das mudanças na estrutura de formações florestais a partir de alterações de variáveis abióticas (topografia, solo) é um exemplo de estudo explicativo.

O estudo de condições favoráveis para a ocorrência de doenças em culturas econômicas (soja, laranja), com a finalidade de prevenção, é um exemplo de estudo preditivo.

Figura 1.2 | Estudo descritivo e experimental: (A) levantamento de briófitas em floresta; (B) testes de cultivo orgânico em casa de vegetação (estufa)

(A)

(B)

Fonte: <https://goo.gl/w3UnO4> e <https://goo.gl/VmLPJv>. Acesso em: 24 out. 2016.

Após verificar os enfoques da área ecológica, ter o primeiro contato com alguns conceitos básicos sobre o tema – e que deverão ser aprofundados nas próximas seções e/ou unidades – é muito importante. Desta forma, vamos às definições de alguns conceitos:

- O termo **população** refere-se ao conjunto de indivíduos da mesma espécie que vive em uma área específica, sendo que possuem atributos mensuráveis e relações de interdependência;

- o **habitat** é o lugar ou tipo de local onde uma ou mais espécies vivem – não confunda com nicho ecológico;

- o **nicho ecológico** é papel integral de uma espécie em um ecossistema, ou seja, as características físicas, químicas e biológicas que uma espécie necessita para completar seu ciclo de vida;

- um **ecótipo** é o termo usado para definir as populações de uma mesma espécie que ocupam grandes distancias geográfica, mas estão fisicamente separadas, ou seja, que apresentam limites de tolerância ecológica; e

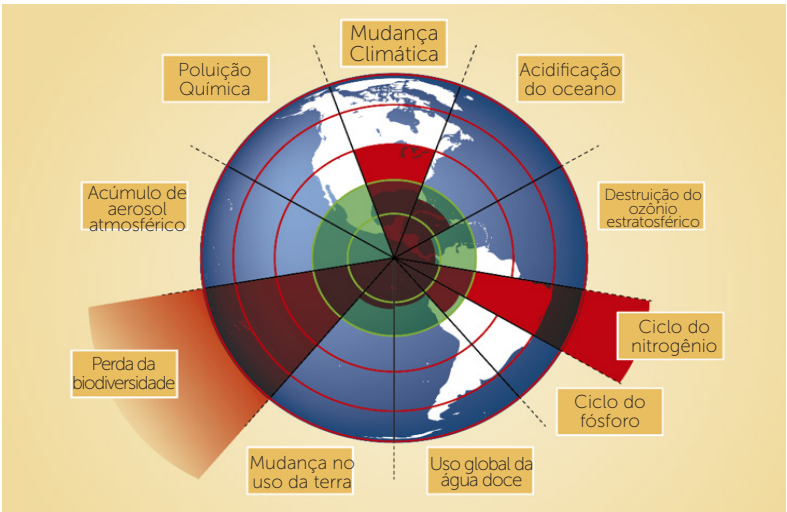
- o **recurso** é uma coisa (material, elemento, entre outros) adquirida do meio ambiente para atender às necessidades de uma determinada espécie. O desejo humano é um condicionante importante do consumo de recursos por parte da humanidade.

Até o momento vimos conceitos tratados de forma individual sobre a Ecologia, o que pode resultar em uma visão parcial da sua importância como um ramo da ciência. Podemos considerar que,

desde o início da história humana, a Ecologia está presente na prática para a sobrevivência das sociedades, pois, mesmo que de maneira rudimentar, era necessário conhecer o ambiente ao redor.

A utilização do fogo e de outros instrumentos visando modificar o ambiente para determinada finalidade foi um evento importante sobre os rumos da ciência ecológica. Até algumas décadas atrás acreditávamos que não havia limites para muitos dos recursos oferecidos pela natureza e da mesma forma não havia limites para as modificações que o homem poderia causar ao ambiente. Atualmente, sabemos que estas crenças estavam totalmente equivocadas e que muitos dos recursos são finitos e já estão se esgotando. Observe na Figura 1.3 a compilação de dados do estudo de Rockström et al. (2009), que pretendiam identificar e quantificar os limites do planeta em relação a alguns sistemas que não deveriam ser ultrapassados, pois poderiam causar mudanças ambientais inaceitáveis.

Figura 1.3 | Possíveis sistemas que já ultrapassaram seus limites aceitáveis de alteração. Área verde representa o limite seguro dos nove sistemas listados. As áreas vermelhas representam os três sistemas que provavelmente ultrapassaram os limites máximos



Fonte: adaptada de Rockström et al. (2009).

Fato é que, diferentemente de outras ciências, a maioria das pessoas observa e se interessa pela natureza e a crise ambiental que ocorreu por volta de 1970 despertou a importância da Ecologia para o homem.

Está cada vez mais claro para a humanidade que, embora altamente

tecnológica, ainda é dependente do ambiente natural, não apenas para obtenção de recursos (energia e matéria), mas também para a manutenção de processos vitais de vida na Terra. Diante deste cenário, é de suma importância investir na aquisição de conhecimento na área de Ecologia, visando à relação mais sustentável com o meio ambiente, e não o contrário. É importante pensar em múltiplas facetas de atuação, desde a remediação de desastres ambientais, aperfeiçoamento de práticas conservacionistas, estudo de pragas na agricultura, melhoramento de qualidade de vida da população, entre outras.

A importância da Ecologia está em foco e é cada vez mais comum vermos este tema na mídia televisiva ou em cenários políticos nacionais e internacionais. Desta forma, podemos concluir que esta ciência passou a ser uma necessidade para a população mundial e precisa ser incorporada no cotidiano com urgência para enfrentarmos grandes desafios que surgem, como, por exemplo, as mudanças climáticas globais. A Figura 1.4 demonstra algumas possibilidades de atuação da Ecologia importantes na atualidade.

Figura 1.4 | A percepção da importância da ecologia: (A) fragmentação de paisagem com diferentes matrizes; (B) emissão de gases poluentes na atmosfera; (C) desastres ambientais

Fonte: <https://goo.gl/iJYaXB>; <https://goo.gl/MH4VCQ> e <https://goo.gl/QkRVce>. Acesso em: 24 out. 2016.

Sem medo de errar

Prezado(a) aluno(a), você se recorda que, para escrever o projeto preliminar de estudo ecológico, é necessário revisar seus conhecimentos sobre Ecologia por meio do livro usado na sua graduação? Sua primeira etapa será a elaboração de uma introdução sobre a importância do "estudo da casa".

Como pode verificar por meio do estudo do item *Não pode faltar*, os tópicos a respeito da área de Ecologia são amplos e, neste momento, buscamos elaborar uma síntese para você compreender que essa ciência está presente na história da humanidade desde tempos primitivos. É necessário compreender, também, o caminho percorrido pela ciência da Ecologia no decorrer do tempo, para entender o contexto que culminou na especificação de seu objetivo, fundamento e alguns conceitos. Se você conseguiu compreender estes aspectos, muito bem, você está apto a elaborar um texto de introdução sobre a importância do "estudo da casa". Para direcioná-lo, lembre-se de refletir sobre estas três questões: o que significa o termo "Ecologia"? Qual é seu objetivo? Quais marcos históricos são interessantes citar? Por que as descobertas de Lamark e Darwin mudaram o rumo do entendimento na área de Ecologia? Unindo de forma coerente e didática estes quatro questionamentos, a primeira etapa do projeto estará cumprida.

Na primeira etapa do projeto, seria importante você apresentar o significado do termo "Ecologia", criado pelo biólogo Ernst Heinrich Haeckel, que é "estudo da casa", pois é uma derivação das palavras gregas *oikos* (casa, ambiente) e *logos* (estudo), e atentar-se que, embora exista uma variação de interpretação dos objetivos, na Ecologia é melhor usarmos o proposto para a atual Ecologia Moderna, que é: investigação integrada de todos os organismos presentes e dos processos funcionais que são fundamentais para manter o equilíbrio da casa ou ambiente. Em seguida, é importante descrever que esta área passou por vários marcos históricos e um desenvolvimento gradual. Entre os mais interessantes para se mencionar estão a introdução da noção de biocenose por Möbius (1877) e o estudo do cerrado brasileiro pelo botânico Eugen Warming (1892).

Já buscando finalizar sua introdução, discorra os resultados de Lamark e Darwin em relação a suas respectivas teorias. Esses resultados implicaram a mudança de visão de noção de um mundo ordenado e finalístico para a visão de um sistema formado por estruturas complexas que estão em permanente mudança. Sendo que, a partir deste cenário, a importância da Ecologia ganha destaque, principalmente após a crise ambiental do final do século passado, passando a ser uma necessidade de nível global, já que visa à relação mais sustentável com o meio ambiente, e não o contrário, ajudando-nos a enfrentar grandes desafios que surgem, como as mudanças climáticas globais.

Avançando na prática

Preditivo ou explicativo

Descrição da situação-problema

Uma empresa madeireira comprou uma área e cortou todas as árvores para vender o lenho e não respeitou, nem ao menos, o local da mata ciliar do córrego que corre no fundo do vale. Essa mata tem a função de proteção do corpo d'água e é uma faixa obrigatória prevista pela Lei n. 12.651/2012, mais conhecida como *Novo Código Florestal*. Após alguns meses, os moradores rurais que moram próximos do córrego perceberam que a qualidade da água mudou: está mais escura e com gosto de barro.

Você foi designado para realizar duas propostas de estudo em relação a este problema, para poder autuar a empresa madeireira: (1) como o corte das árvores influenciou a qualidade da água e (2) se recomposto, ao menos a mata ciliar, quanto tempo será necessário para a qualidade da água voltar a ser boa.

Você é capaz de dizer se estes estudos (1 e 2) têm um caráter explicativo ou preditivo? Por quê?

Resolução da situação-problema

Levando em consideração o exposto no item *Não pode faltar*, você deve ser capaz de compreender que a proposta de estudo (1) tem um caráter explicativo, pois pretende investigar a forma de influência do corte das árvores sobre a qualidade da água. Diferentemente da proposta de estudo (2), que tem um caráter preditivo, pois busca uma

previsão de tempo de recuperação da qualidade da água a partir da constituição da mata ciliar.

Faça valer a pena

1. A visão cartesiana-newtoniana, que basicamente compreende o mundo como uma máquina, foi substituída por uma visão sistêmica (holística) em que o mundo passa a ser compreendido como um sistema formado por estruturas complexas que estão em permanente mudança.
A visão cartesiana-newtoniana do mundo, que direcionou grande parte da ciência durante mais de um século, está descrita corretamente em:
a) É definida por compor pensamentos de forma integral e buscar a compreensão por partes.
b) Não possui uma definição única, sofrendo alterações dependendo do autor.
c) É definida por decompor pensamentos e problemas em suas partes componentes e em dispô-las em sua ordem lógica para compreensão do todo.
d) É definida por uma visão sistêmica em que pensamentos e problemas são estudados de forma integral.
e) É definida por uma visão sistêmica em que o mundo é formado por estruturas complexas que estão em permanente mudança.

2. Vários eventos históricos que são resultados de estudos relevantes em diversas esferas da Ecologia podem ser citados a nível mundial, entretanto, um estudo realizado no cerrado de Minas Gerais, por um botânico, é uma referência na área da Ecologia Terrestre por ser um dos primeiros estudos realizados.
Quais os nomes do botânico dinamarquês que realizou esse estudo pioneiro e do seu município?
a) Eugenius Warming, município de Contagem.
b) Ernst Heinrich Haeckel, município de Santa Lagoa.
c) Forbes, município de Contagem.
d) Eugenius Warming, município de Santa Lagoa.
e) Ernst Heinrich Haeckel, município de São Paulo.

3. São usuais na área de Ecologia dois tipos de enfoque. Ambos possuem suas respectivas peculiaridades e, embora alguns especialistas relatem falhas em ambas as abordagens, devemos estar cientes de que são importantes para avanços na área.
Nesta condição, o objetivo do enfoque descritivo na Ecologia está relatado corretamente em:
a) Objetivo de descrição de um objeto de estudo (organismo, animal,

população, comunidade, entre outros) com o caráter e fazer algumas inferências básicas.
b) Objetivo de prever uma condição a partir de outras variáveis.
c) Objetivo de testar uma hipótese, seja por meio de experimentos de laboratório ou de campo em relação ao objeto de estudo.
d) Objetivo de explicar uma condição a partir de outras variáveis.
e) Objetivo de descrição e explicação de um objeto de estudo (organismo, animal, população, comunidade, entre outros).

Seção 1.2

Os níveis hierárquicos de organização

Diálogo aberto

Olá, aluno(a)! A primeira seção esclareceu que a Ecologia é uma ciência antiga, que teve um desenvolvimento gradativo, com fundamentos não rígidos e que, atualmente, encontra-se em foco na nossa sociedade. O objetivo da Ecologia Moderna é desafiador e demandará muito esforço por parte dos ecólogos em nível mundial.

O conhecimento absorvido até o momento (por meio do estudo dos tópicos: definição de escopo e objetivo da Ecologia, eventos históricos, os enfoques da área ecológica, sua importância e alguns conceitos gerais) possibilitou a realização da primeira parte do projeto preliminar de estudo ecológico. Esse projeto é requisito obrigatório para você efetuar a inscrição no programa de especialização na área de Ecologia em uma universidade de seu estado de origem. Você se lembra das etapas para conclusão do projeto? Vamos relembrá-las:

- Introdução sobre a importância do "estudo da casa";
- avaliação preliminar de hipótese; e
- proposta metodológica para testar a hipótese fornecida pelo programa de pós-graduação.

Muito bem! Agora que a introdução do projeto já está pronta, você precisa refletir sobre a hipótese predeterminada pelo programa de pós-graduação, que é: plantas de café com nutrição adequada são mais tolerantes ao estresse hídrico. Você é capaz de fazer quais observações a respeito dessa hipótese? Em qual nível hierárquico a hipótese apresentada busca focar? É um estudo de autoecologia ou sinecologia? Por quê?

A partir das respostas destas três últimas perguntas você produzirá a segunda parte do seu projeto preliminar. Para tanto, contemplaremos nesta segunda seção a apresentação dos níveis hierárquicos de organização com foco em população, comunidade e ecossistema. Completaremos com algumas abordagens de estudos nestes três

níveis. Adicionalmente, apresentaremos as definições de autoecologia e sinecologia.

Lembre-se: o objetivo geral da seção será o de possibilitar que você seja capaz de conhecer os níveis hierárquicos de organização, conhecer, entender e aplicar abordagens nos níveis de população, comunidade e ecossistemas, e conhecer, compreender e distinguir estudos de autoecologia e sinecologia.

Não pode faltar

Embora os fenômenos biológicos sejam complexos e integrados, devido a diversos aspectos, como a visão cartesiana-newtoniana de mundo, o conhecimento biológico tem sido trabalhado de forma fragmentada e reducionista, sendo que conceitos fundamentais foram negligenciados durante várias décadas. A partir do breve histórico da ciência da Ecologia na primeira seção, percebemos a influência de diversos cientistas em seus fundamentos, resultando em um desenvolvimento gradativo e expansivo desta área.

Devido à amplitude de estudo na área de Ecologia, a divisão desta ciência em duas grandes áreas (autoecologia e sinecologia) foi proposta no início do século XX pelo botânico Carl Schroter. A sinecologia busca analisar as relações entre os indivíduos pertencentes às diversas espécies e os fatores ambientais. Já a autoecologia estuda as relações de uma única espécie com seu meio, definindo seus **limites de tolerância** e suas preferências em relação a diversos **fatores ecológicos**. Inicialmente, podemos considerar o conceito de grupo de espécies, entretanto, devemos lembrar que uma população pode apresentar heterogeneidade interna, perspectivas evolutivas, entre outros fatores que acabam por condicionar complexidade às possíveis abordagens neste nível hierárquico.

Exemplificando

O Brasil é um grande produtor de café (Coffea arabica L.) a nível mundial. Mesmo a espécie sendo nativa das terras altas da Etiópia, ela adaptou-se bem às condições do território nacional. As variedades mais comuns encontradas são Catuaí e Mundo Novo.

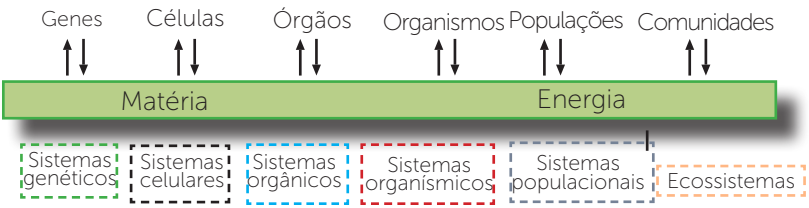
De acordo com a literatura, essas variedades apresentam preferências semelhantes a alguns fatores ecológicos, como regiões de maior altitude

e de clima ameno. E o adequado suprimento hídrico parece ser um fator limitante para o desenvolvimento e a produção da planta nas condições de altitudes mais baixas e de clima tropical quente. Essas seriam características pertinentes para serem aprofundadas em um estudo de autoecologia.

A divisão da Ecologia nestas duas grandes áreas foi aceita pelo meio cientifico e compôs um cenário que marcou uma série de trabalhos desenvolvidos na época. Entretanto, o conceito de níveis hierárquicos surgiu e atualmente é considerado, pela maioria dos autores, uma maneira muito eficiente de se delimitar a Ecologia Moderna.

A partir dos significados das palavras "nível" e "hierarquia", podemos compreender o conceito de níveis hierárquicos como uma classificação com base na relação entre níveis superiores e dependentes em que interagem componentes bióticos e abióticos formando os biossistemas ou "sistemas da vida". Esses níveis de organização estão relacionados à percepção de que a natureza não é um todo homogêneo, mas formada por componentes que se diferem uns dos outros e que podem ser constituídos por unidades menores. Veja a Figura 1.5, adaptada de Odum (1988), que demonstra os biossistemas.

Figura 1.5 | Diagrama dos níveis de organização. A integração dos componentes bióticos (primeira linha) com os componentes abióticos (retângulo verde) formaria os biossistemas (retângulos pontilhados)



Fonte: adaptada de Odum (1988, p. 434).

Assimile

Os níveis hierárquicos de organização ecológica ou unidades ecológicas são uma classificação feita com base na relação entre níveis superiores e dependentes em que interagem componentes bióticos e abióticos, formando os biossistemas.

Sistema é um conjunto de elementos que são interdependentes e interagem de forma regular, compondo um todo unificado que, teoricamente, é previsível. É fundamental introduzir esta definição para compreendermos melhor a representação dos biossistemas e níveis hierárquicos de organização. O conceito de sistemas influenciou o ecólogo A. G. Tansley na criação do termo "ecossistema", bem como sua fundamentação teórica. Esse nível hierárquico passou a ser considerado a unidade fundamental da organização ecológica no ano de 1974.

A Ecologia usualmente trata dos níveis de sistemas mais elevados do que organismos, sendo eles respectivamente:

- **População**: conjunto de indivíduos da mesma espécie que vivem em uma área específica, com atributos mensuráveis e relações de interdependência.

- **Comunidade**: populações de todas as espécies que vivem e interatuam em uma área específica sob um determinado momento. Ou seja, deve-se considerar escala espacial e temporal.

- **Ecossistema**: uma ou várias comunidades de diferentes espécies que, além de interagirem entre si, fazem-no com o ambiente não vivo ou físico (fatores químicos e físicos, equivalente a fatores abióticos).

- **Paisagem**: possui uma diversidade de definições, mas, para a área ecológica, pode ser compreendida como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas.

- **Bioma**: regiões da Terra habitadas por determinado tipo de vida, em especial tipos de vegetação.

- **Biosfera**: zona da Terra onde a vida é encontrada. Refere-se à troposfera, às águas superficiais e subterrâneas (parte da hidrosfera) e à maioria das rochas do solo e às superfícies (litosfera).

Aliados à definição de nível hierárquico de organização, outros conceitos foram propostos e são encontrados na literatura. A **propriedade emergente** é um atributo que ocorre em um nível hierárquico que não pode ser previsto a partir do estudo dos componentes do próprio nível em foco, sendo diferente das

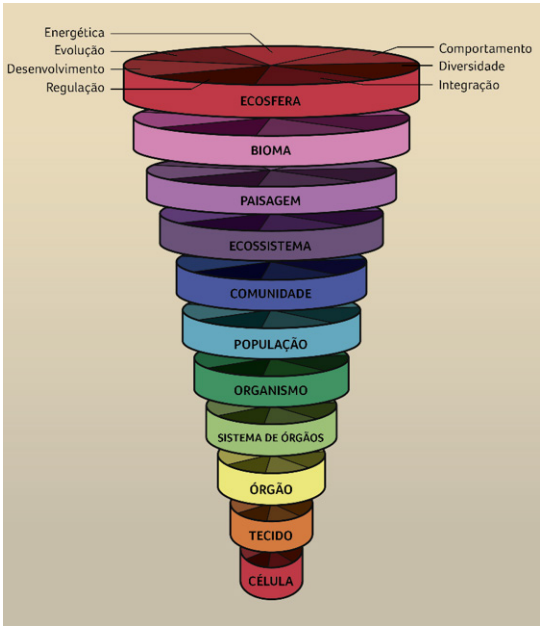
propriedades coletivas, pois estas, embora sejam também uma soma do comportamento do nível, não abrangem suas características novas. O surgimento de novas propriedades emergentes ocorre porque os componentes de cada nível interagem e não porque a natureza básica destes componentes tenha sido alterada.

Um exemplo muito bom é fornecido por Odum e Barret (2008), que explicam que a evolução de determinadas algas com animais celenterados possibilitou a formação de um coral. O coral, diferentemente dos seus componentes unitários, possui um eficiente mecanismo de ciclagem de nutrientes e permite a este novo sistema combinado manter uma alta taxa de produtividade em águas com um teor muito baixo de nutrientes.

Neste sentido, percebemos como é importante estudarmos os níveis adjacentes ao nível de foco principal, visto que alguns atributos são previsíveis a partir das partes (propriedades coletivas), enquanto outros não são (propriedades emergentes). Usando novamente o exemplo anterior de Odum e Barret (2008), as propriedades de alta produtividade e diversidade dos recifes de coral são consideradas emergentes, pois somente ocorrem quando avaliamos o nível da comunidade dos recifes. Em relação à propriedade coletiva, um exemplo do nível de população seria a taxa de mortalidade, pois é simplesmente a soma do número de indivíduos mortos em um determinado período de tempo.

Em cada nível também operam as funções transcendentes (exemplo: diversidade, evolução, integração, entre outras), sendo interessante notar que algumas destas funções operam da mesma forma em todos os níveis, entretanto, outras diferem. Dentro dos níveis hierárquicos, existe um sistema de forças e contraforças que busca reduzir a amplitude de oscilações que podem tirar as unidades ecológicas de seu equilíbrio, denominado "controle de processos". Observe na Figura 1.6, adaptada de Adaptado de Odum e Barrett (2008), a integração dos níveis hierárquicos e os processos ou funções transcendentes.

Figura 1.6 | Os onze níveis hierárquicos de organização e as sete funções transcendentes em uma visão vertical



Fonte: adaptada de Odum (2008, p. 612).

Existem vantagens em se constituir um sistema hierárquico integrado em comparação a um sistema não hierárquico com o mesmo número de elementos, visto que, em um sistema hierárquico integrado, a sua evolução seria mais rápida e a capacidade de resiliência maior. Espera-se também que, quando um nível hierárquico é decomposto, este ainda possa interagir novamente e se reorganizar para alcançar um nível superior de complexidade.

Reflita

Agora que compreendemos o conceito de níveis hierárquicos de organização ecológica, é plausível afirmar que as duas grandes áreas propostas pelo botânico Carl Schroter, autoecologia e sinecologia, são cabíveis para, respectivamente, os níveis de população e comunidade e/ou ecossistemas?

Neste sentido, percebemos como a Ecologia é uma ciência de síntese que nas últimas décadas está em grande ascensão, proporcionando maior entendimento de questões relacionadas a

grades escalas (nível de ecossistema).

A representação ou simulação aproximada de um sistema que está sendo estudado a partir de um modelo é usual na área ecológica. Você saberia responder por que os modelos matemáticos são interessantes para a Ecologia? Infelizmente, alguns experimentos são muito caros ou de fato impossíveis de serem realizados experimentalmente, optando-se, assim, estudá-lo por um modelo. O elevado número de variáveis interagindo ou a necessidade de observar um fenômeno por longos períodos de tempo também é uma boa razão para justificar a utilização de uma simulação no estudo. Atualmente, para o estudo de sistemas complexos relacionados às mudanças climáticas, a perda de biodiversidade, o desmatamento e as questões envolvendo os oceanos, os modelos estão se tornando cada vez mais usuais e importantes.

Pesquise mais

Para ampliar seu conhecimento acerca das possibilidades de uso da modelagem em Ecologia, sugerimos a leitura do artigo a seguir, que possui foco no nível hierárquico de organismo:

GIACOMINI, Henrique C. Sete motivações teóricas para o uso da modelagem baseada no indivíduo em ecologia. **ACTA Amazonica**, v. 37, n. 3, p. 431-446, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v37n3/v37n3a15.pdf>. Acesso em: 24 out. 2016.

No presente livro didático focaremos os níveis hierárquicos de população, comunidade e ecossistema, pois a maioria dos conceitos dentro da área de Ecologia é desenvolvida em alguns destes níveis mencionados. Observe exemplos dos três principais níveis hierárquicos de organização na Ecologia na Figura 1.7.

Figura 1.7 | Os três principais níveis hierárquicos de organização na Ecologia: (A) população de pinguins africanos (espécie); (B) comunidade arbórea de uma região brasileira; (C) ecossistema de recife de coral

Fonte: <https://goo.gl/aLvUKu>; <https://goo.gl/Q6ftRH>; e <https://goo.gl/QLU6GY>. Acesso em: 24 out. 2016.

A partir da consolidação dos três principais níveis hierárquicos na Ecologia, alguns autores propõem que existe uma abordagem ou aplicação específica para cada um deles. Essa aplicação seria fundamentada na compreensão e utilização de algum conceito cabível ao nível hierárquico de organização em questão. Devemos ter consciência de que ampliar nosso conhecimento acerca destes conceitos irá melhorar as possibilidades de sua aplicação para solucionar diversos problemas ambientais de nosso século, como os causados pelo crescimento populacional humano.

Seja em nível de população, com abordagens sobre a teoria de nicho, estrutura e dinâmica, ou nos níveis de comunidade e ecossistemas, por meio de abordagens a respeito da teoria de sucessão ou teia alimentar, a necessidade de conhecimento na área da Ecologia sempre será grande e a demanda por novos estudos será imprescindível, até porque essa ciência trata de milhões de espécies diferentes interagindo em um mundo em constante transformação.

Na maior parte do século XX os ecólogos das diferentes áreas tenderam a seguir caminhos separados, fazendo perguntas diferentes e de formas diferentes. Esta condição dificulta o

entendimento integrado destes níveis e nossa compreensão só aumentará consideravelmente quando os vínculos entre eles se tornarem claros. Será possível contemplar mais de um nível hierárquico em um estudo? Para responder à questão, observe o tópico *Exemplificando*.

Exemplificando

O estudo sobre a introdução da truta marrom (Salmo trutta), espécie exótica, na Nova Zelândia, conseguiu contemplar os três níveis hierárquicos principais que serão abordados neste livro. Detalhes deste estudo podem ser encontrados no livro a seguir:

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

População: após estudo da influência da truta marrom e a distribuição de populações de peixes nativos;
Comunidade: após estudo dos efeitos da truta marrom na comunidade de peixes; e
Ecossistema: após estudo da truta marrom e do fluxo energético em corpos d'água.

Este exemplo, utilizado por Begon et al. (2007), deixa evidente que é possível integrar mais de um nível hierárquico em um único estudo e ilustra muito bem como o modo pelo qual os estudos em níveis diferentes podem servir de complemento para os outros. Muitos problemas ou questionamentos da Ecologia ainda não foram resolvidos e não sabemos se o serão dentro das próximas décadas. Entretanto, incorporar a necessidade de reflexão da aplicabilidade dos conceitos ecológicos e a visão dos níveis hierárquicos de organização como unidades complementares já é um grande passo para ampliarmos o conhecimento dentro desta ciência.

Vocabulário

1. **Fatores bióticos**: componentes vivos presentes no ambiente. Exemplo: animais, plantas, entre outros.
2. **Fatores abióticos**: componentes não vivos presentes no ambiente. Exemplo: solo, luminosidade, entre outros.
3. **Escala espacial**: refere-se a um valor adimensional que representa a relação entre duas grandezas lineares dispersas por determinada área

(espaço). Usualmente relacionada ao aspecto cartográfico.
4. **Escala temporal**: refere-se à aplicação quanto ao tempo, pois traz a informação de duração e/ou frequência de um determinado fenômeno.
5. **Troposfera**: camada interna da atmosfera, ou seja, mais próxima da superfície terrestre.
6. **Limites de tolerância**: relacionados à lei de tolerância, representam o limite (mínimo ou máximo) de condições físicas ou concentração de substâncias além do qual a espécie não consegue sobreviver.
7. **Fatores ecológicos**: todo elemento ou condição do ambiente capaz de agir diretamente sobre os seres vivos, pelo menos em uma fase de seu ciclo vital.

Sem medo de errar

Prezado(a) aluno(a), você já realizou a primeira etapa do projeto de estudo ecológico e agora precisa refletir sobre a hipótese predeterminada pelo programa de pós-graduação que espera uma relação de onde as plantas de café com nutrição adequada serão mais tolerantes ao estresse hídrico.

Para que você seja capaz de fazer algumas observações em relação a essa hipótese, é importante refletir sobre as questões expostas no *Diálogo aberto*, que são: em qual nível hierárquico a hipótese apresentada busca focar? É um estudo de autoecologia ou sinecologia? Por que? A partir das respostas a estas perguntas você produzirá a segunda parte do seu projeto, que é a avaliação preliminar de hipótese.

Atenção

O ponto crítico para resolução da análise preliminar da hipótese é recordar a definição de população, apresentada pela primeira vez na seção anterior e revisada na presente seção, e aliá-la a uma das duas possibilidades da subdivisão da Ecologia (autoecologia e sinecologia).

Uma definição para hipótese é qualquer suposição de algo verossímil, possível de ser verificado, a partir da qual se extrai uma conclusão.

A primeira pergunta pode ser respondida se recordamos que o nível hierárquico de organização ecológica ou unidades ecológicas é uma classificação com base na relação entre níveis superiores e dependentes em que interagem componentes bióticos e abióticos, formando os biossistemas. Em Ecologia, usualmente abordamos níveis maiores que organismos, então eles são: população, comunidade, ecossistema, paisagem, bioma e biosfera. Levando em consideração que a hipótese busca trabalhar com uma única espécie (café), ela pode ser enquadrada no nível hierárquico de população. Mesmo se considerarmos que o estudo possa vir a testar mais de uma espécie de café, ainda devemos considerar que ele estude duas populações diferentes de café.

Para fazermos inferências em relação às características do estudo a partir das divisões de autoecologia ou sinecologia, precisamos lembrar que a primeira trata das relações de uma única espécie com seu meio, definindo seus limites de tolerância e suas preferências em relação a diversos fatores ecológicos, enquanto a segunda aborda as relações entre os indivíduos pertencentes às diversas espécies e os fatores ambientais. A partir deste ponto podemos definir que a hipótese proposta é pertinente à área de autoecologia porque é nesta subdivisão que estudamos população e seus limites de tolerância em relação aos fatores ecológicos. No caso do café, como foi exemplificado no item "Não pode faltar", as duas variedades de café mais plantadas no Brasil parecem ter características semelhantes quanto a alguns fatores ecológicos e o adequado fornecimento de água parece ser o fator limitante para o bom desenvolvimento da planta e sua produção.

Avançando na prática

Integrando mais de um nível hierárquico de organização ecológica

Descrição da situação-problema

Você foi designado a estudar uma espécie de pequeno roedor ameaçado de extinção, que possui preferência por mata, mas ocorre em áreas de transição de vegetação de mata e cerrado. Duas abordagens de estudos foram propostas. A primeira seria realizar o estudo dos indivíduos desta espécie e sua ocorrência nas áreas de

transição entre mata e cerrado em um parque estadual; a segunda proposta buscaria a investigação desta espécie com espécies arbóreas que ocorrem na região de transição e apresentam fruto carnoso (pericarpo suculento), um dos principais alimentos do animal neste tipo de ambiente, sendo também um dispersor das sementes. Você é capaz de dizer qual ou quais níveis hierárquicos estes estudos abordariam?

Resolução da situação-problema

Prezado(a) aluno(a), para resolver a situação apresentada, são necessários conhecimentos em relação à definição de cada nível hierárquico de organização que a Ecologia busca compreender, pois assim seria possível definir o que os estudos focam. Vamos ler novamente no item *Não pode faltar* as definições e relacionar com os estudos descritos anteriormente.

Muito bem, após a leitura, dois níveis hierárquicos (de população e comunidade) deverão ter chamado sua atenção como possíveis focos de abordagem para a resolução da situação proposta. Isto porque o primeiro trabalho, que objetiva o estudo de espécie de pequeno roedor em ambiente de transição entre mata e cerrado, abordará somente uma espécie e neste caso se enquadraria no nível hierárquico de população, que é definido por conjunto de indivíduos da mesma espécie que vive em uma área específica (área de transição entre mata e cerrado), que possui atributos mensuráveis e relações de interdependência. Diferentemente, o segundo estudo buscaria investigar algo mais amplo, pois objetiva a investigação da espécie de pequeno roedor com espécies arbóreas que ocorrem na região de transição e apresentam fruto carnoso. Neste sentido, a segunda abordagem estaria relacionada ao nível hierárquico de comunidade, que é definido pelo conjunto de populações de todas as espécies que vivem e interatuam em uma área específica sob um determinado momento.

Faça você mesmo

No contexto de estudo descrito anteriormente, pense em uma possibilidade de trabalho que envolva o nível hierárquico de organização ecológica de ecossistemas.

Faça valer a pena

1. A partir dos significados das palavras nível e hierarquia, podemos compreender basicamente o conceito de nível hierárquico, considerado por alguns autores da área ecológica uma maneira muito eficiente de se delimitar a Ecologia Moderna.
Em relação ao conceito de nível hierárquico de organização, é correto o que se afirma em:
a) É fundamentado apenas em fatores bióticos.
b) É fundamentado na relação entre níveis superiores e dependentes em que interagem componentes bióticos e abióticos, formando os biossistemas.
c) É fundamentado apenas em fatores abióticos.
d) É fundamentado na relação entre níveis superiores e inferiores em que interagem componentes bióticos, formando os biossistemas.
e) É fundamentado na relação entre níveis superiores e dependentes em que interagem componentes abióticos, formando os biossistemas.

2. Devido à amplitude de estudos na área de Ecologia, foram observadas no decorrer da história desta ciência várias divisões. Todas foram propostas e discutidas por cientistas da área.
Qual foi a divisão para a área ecológica proposta pelo botânico Carl Schroter no início do século XX?
a) Autoecologia e sinecologia.
b) Sinecologia e Ecologia Vegetal.
c) Autoecologia e Ecologia Animal.
d) Ecologia Vegetal e Ecologia Animal.
e) Autoecologia e Ecologia Vegetal.

3. Existem muitos conceitos na área ecológica, muitos deles, inclusive, podem ser integrados, resultando novas possibilidades. Por uma questão de adequação, os principais conceitos da área são ensinados nos níveis hierárquicos de ecossistemas, população e comunidade.
Em uma ordem de níveis dependentes e superiores, qual é a sequência dos três principais níveis hierárquicos usados na Ecologia?
a) Ecossistema; população; comunidade.
b) Biosfera; comunidade; população.
c) Paisagem, população; comunidade.
d) Organismo; população; comunidade.
e) População; comunidade; ecossistema.

Seção 1.3

Rigor científico em estudos ecológicos

Diálogo aberto

Caro(a) aluno(a), finalizamos com esta seção a primeira unidade do livro didático da disciplina de Ecologia e sustentabilidade. Por meio do autoestudo das duas primeiras seções, esperamos que você tenha assimilado a definição de escopo e o objetivo da Ecologia, bem como os principais eventos históricos que ocorreram e acabaram por marcar esta ciência. Incentivamos você a, sempre que julgar necessário, rever os tópicos do enfoque usual na área e alguns conceitos gerais. Adicionalmente, o estudo dos níveis hierárquicos de organização ecológica e a abordagem pertinente às três principais unidades ecológicas (população, comunidade e ecossistema) são de fundamental importância para dar continuidade ao nosso estudo.

Em relação à elaboração do projeto preliminar de estudo científico você já cumpriu duas etapas fundamentais: a introdução e a reflexão sobre a hipótese predeterminada pelo programa de pós-graduação. A terceira, e última, etapa será a preparação de uma proposta metodológica para testar a hipótese fornecida pelo programa de pós-graduação. Para direcioná-lo, o programa ainda complementa dizendo que você deve testar somente uma espécie de café em duas condições de nutrição e duas condições de estresse hídrico. Sucintamente, quais as fases do processo metodológico científico o seu projeto deverá abranger? Como podemos caracterizá-las? Quais os dois elementos fundamentais na etapa de teste que poderão determinar o sucesso ou o fracasso em etapas posteriores do estudo científico?

Para ajudá-lo no desenvolvimento da proposta metodológica, estudaremos a metodologia científica, bem como as fases de um processo metodológico e abordaremos tópicos complementares a esta temática, como a importância de padronização de unidades de medida, a elaboração de gráficos e tabelas e a visão da multidisciplinaridade que está presente na área da Ecologia. O cumprimento do autoestudo permitirá que você atinja os três objetivos

da presente seção, que são: conhecer e compreender as etapas do processo metodológico, ser capaz de articular, em um nível básico, um processo metodológico adequado ao estudo que pretende realizar e compreender a necessidade da multidisciplinaridade para a área da Ecologia. Vamos começar?

Não pode faltar

Estudos ecológicos são necessários para investigar e compreender de forma integrada todos os organismos presentes e os processos funcionais que são fundamentais para manter o equilíbrio do ambiente. Ademais, esses estudos podem ajudar a construir uma condição mais harmônica entre a humanidade e o meio ambiente. Entretanto, existem regras para o desenvolvimento destes estudos ecológicos que são fundamentadas na metodologia científica.

Antes de abordarmos diretamente a questão de metodologia científica, você já refletiu sobre a definição ou o conceito de pesquisar? Simplificadamente, podemos definir pesquisa como o ato de procurar respostas para indagações propostas. Muitas das indagações surgem a partir de simples processos de observação de um fenômeno, e, nesta condição, a ciência atual é resultado de descobertas ocasionais, em um primeiro momento, aliado a pesquisas cada vez mais metódicas em etapas posteriores. É interessante perceber, ainda, que os elementos que constituem grande parte da ciência são transitórios e efêmeros, pois, com o tempo, determinadas hipóteses e teorias conservam apenas interesse histórico, uma vez que se perderam no tempo ou foram superadas por outras. Tudo isto ocorre porque cada época elabora suas teorias segundo o nível de tecnologia e conhecimento em que se encontra.

Diferentemente do que muitos acreditam, a ciência nos moldes atuais é relativamente recente, afinal, seu caráter científico que elaborou um núcleo de técnicas de ordem prática foi adquirido somente na Idade Moderna. O que podemos chamar de Revolução Científica ocorreu nos séculos XVI e XVII com a presença de importantes figuras, como Galileu Galilei, René Descartes e outros. O italiano Galileu Galilei, considerado o "precursor da ciência moderna", contribuiu expressivamente para os estudos em Ecologia por meio da criação da lei dos corpos e o princípio da inércia. Já o francês Descartes obteve destaque principalmente na área da matemática, propondo a união das áreas de geometria e álgebra. No século XX, a ciência, já bem desenvolvida, promoveu grandes

avanços em diversas frentes do mundo físico, humano e ecológico, e o futuro promete ser ainda mais promissor. Neste período, o homem chegou à Lua, o médico Alexander Fleming descobriu a penicilina, que já salvou muitas vidas, e o geógrafo e meteorologista Alfred Weneger propôs a teoria da deriva continental.

Em relação à história do desenvolvimento do método científico, é interessante destacar os modos de raciocínio científicos, como o dedutivo, criado por Descartes (1596-1650), e o indutivo, sintetizado por Francis Bacon (1561-1626). Este último modo de raciocínio científico foi usado por Isaac Newton durante a preposição da lei da gravitação universal.

A principal diferença entre o modo dedutivo e indutivo é que o primeiro é raciocinado a partir do caso geral para o específico. Exemplo: todo vertebrado possui vértebras; todos os gatos são vertebrados; logo, todos os gatos têm vértebras. Já o segundo vai do caso específico para o geral. Exemplo: o ouro conduz eletricidade; o ouro é um metal; logo, os metais conduzem eletricidade.

Reflita

Por que a elaboração de técnicas de ordem prática (atualmente denominada "metodologia científica") auxiliou no processo de desenvolvimento da ciência atual?

O conhecimento científico, diferentemente dos outros três conhecimentos (empírico, filosófico e teológico), possui características marcantes, como: objetividade, interesse intelectual e espírito crítico. Já se foi dito no passado que a ciência detinha posse de verdades imutáveis, entretanto, esta concepção mudou e hoje ela é entendida como uma busca constante de explicações e soluções, de revisão e reavaliação de resultados anteriores, buscando ampliar o conhecimento já adquirido por meio da chamada metodologia científica. Neste contexto, uma palavra-chave é a "teoria", que pode ser compreendida como uma explicação abrangente de um grande corpo de informações, que, ao longo do tempo, precisa ser sustentada (confirmada ou rejeitada) pelo acúmulo de evidências e descobertas possibilitadas pela ciência. Observe a Figura 1.8, que apresenta os quatro tipos de conhecimento e algumas características.

Assimile

O método científico é construído de forma que a ciência e suas teorias evoluam com o tempo.

Figura 1.8 | Algumas características dos quatro tipos de conhecimentos

Fonte: adaptada de Ferrari (1974, p. 11).

A metodologia científica pode ser definida como um conjunto de abordagens, técnicas e processos utilizados pela ciência para formular e resolver problemas de aquisição objetiva do conhecimento de determinada área, de uma maneira sistemática. É uma metodologia característica da ciência, mas que também pode ser usada em outros contextos e ser resumida como os procedimentos requeridos do cientista ao longo do caminho para atingir o objetivo estabelecido previamente.

Exemplificando

Você já imaginou como usar um método científico no seu dia a dia? Veja o seguinte exemplo:

- **Observação**: você repara que um de seus vasos de Schlumbergera truncata (Haw.) Moran, popularmente conhecida como flor de maio, não está florescendo.
- **Hipótese**: você não entende a razão, pois, assim como os outros vasos, a planta foi adubada recentemente e recebe a mesma quantidade de água. Então você percebe que ela está em um local com alta incidência solar, em comparação às outras.
- **Teste**: você decide trocá-la de lugar para um ambiente de meia-sombra.
- **Resultado**: mesmo com atraso a planta inicia a floração.

• **Conclusão**: para a floração, o ambiente de meia-sombra foi melhor para a planta.

Assimile

O que é metodologia científica?

É um conjunto de abordagens, técnicas e processos utilizados pela ciência para formular e resolver problemas de aquisição objetiva do conhecimento de determinada área, de uma maneira sistemática.

A maneira sistemática abordada na definição da metodologia científica diz respeito às fases de um processo, que, embora com pequenas variações, de acordo com alguns autores, pode ser resumida em observação, elaboração de hipótese, teste ou experimentação, resultados e interpretação e conclusão.

- **Observação**: são os dados a partir daquilo que vemos ou medimos no mundo real. Nosso objetivo em estudos científicos é entender a causa de fenômenos observáveis.

- **Hipótese**: são potenciais explicações que podem representar nossas observações da realidade. Usualmente representam uma relação de "causa e efeito". Outra definição foi abordada na Seção 1.2 do presente livro didático.

- **Teste/Experimentação**: define-se pela realização de experimentos e análises estatísticas com finalidade de testar a hipótese levantada a partir das observações iniciais. Experimentos manipulativos bem delimitados conferem mais confiança nos resultados, entretanto, muitas vezes, não é possível realizar experimentos manipulativos, permanecendo os observacionais ou correlacionais. Quando se trata de meio ambiente, muitas vezes é inviável controlar ou manipular todas as variáveis envolvidas em determinado mecanismo ou processo.

No aspecto de experimentação é necessário ressaltar a necessidade de um bom delineamento amostral e esboço experimental para condução dos testes. O delineamento amostral pode ser definido como o plano que é dado na experimentação e,

também, a forma como são organizadas as unidades experimentais, se referindo, inclusive, à maneira como os tratamentos são oferecidos às unidades experimentais. Já o esboço experimental, ou tamanho da amostra, refere-se à quantidade de dados das amostras que seria necessário para realmente representar o nosso objeto de estudo. Estes são dois elementos fundamentais que irão aumentar as chances de sucesso em etapas posteriores do estudo científico. Devemos ter consciência que qualquer erro sério nestes elementos será muito difícil de ser corrigido em um segundo momento. Da mesma forma que fazer um bom delineamento e esboço com frequência permitirá que os dados sejam analisados de várias formas para responder mais de uma questão.

Pesquise mais

O livro a seguir aborda aspectos gerais da metodologia científica:

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica**: teoria da ciência e introdução à pesquisa. Petrópolis: Vozes, 2011. Disponível em: <http://server2.docfoc.us/uploads/Z2015/12/26/os9l6oTqau/a09e70e31d80460a01124669f3e634e3.pdf>. Acesso em: 24 out. 2016.

- **Resultados e interpretação**: a partir das observações, testes e análises estatísticas, chegaremos a um resultado que deverá ser apresentado e interpretado. Neste sentido, a hipótese será comprovada ou não. Hipóteses não comprovadas por meio de estudos científicos também conferem uma importante contribuição para a área.

Um tema interessante a se acrescentar neste tópico de resultados e interpretação é a necessidade de padronização de unidades de medida e a possibilidade de uso de ferramentas visuais muito oportunas, como gráficos e mapas.

As unidades de medida, embora presentes em nosso cotidiano, muitas vezes são negligenciadas no momento de padronizar os resultados do estudo. Para a ciência, este termo refere-se a uma medida (ou quantidade) específica de determinada grandeza física usada para servir de padrão para outras medidas. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por exemplo, segue o modelo internacional proposto para padronização de unidades de medida e

seus respectivos símbolos.

Os gráficos são ferramentas utilizadas para transmitir informações resumidas de dados numéricos de forma visual. Existem três tipos de gráficos: linha, barras e pizza. O primeiro costuma apresentar dados que estão em uma espécie de sequência, como medições de temperatura ao longo do tempo. O segundo é utilizado para comparar medições de uma ou mais variáveis entre categorias. Já o terceiro busca apresentar os valores numéricos para duas ou mais categorias. O mapa é outra ferramenta visual que pode resumir variações de dados em termos de espaço (áreas grandes ou pequenas).

Faça você mesmo

O estudo dos gráficos por meio da leitura de artigos científicos é uma opção interessante. Desta forma, busque artigos científicos da área ecológica que utilizem diferentes tipos de gráficos para abordar os dados. O artigo a seguir traz a opção de gráfico de barras para representar os dados obtidos do levantamento de vespas sociais em cultivos de café:

FREITAS, Janaina de Lara et al. Vespas sociais (Hymenoptera: Vespidae) em lavouras de Coffea arabica L. (Rubiaceae) no Sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 3, p. 67-77, set. 2015. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/684/pdf_10>. Acesso em: 24 out. 2016.

- **Conclusão**: é a apresentação da visão geral sobre o assunto que foi abordado na hipótese. Conclusões mais específicas, como a formulação de modelos ou corroboração de teorias, também são encontradas na área ecológica. A conclusão deverá ser sucinta e direta.

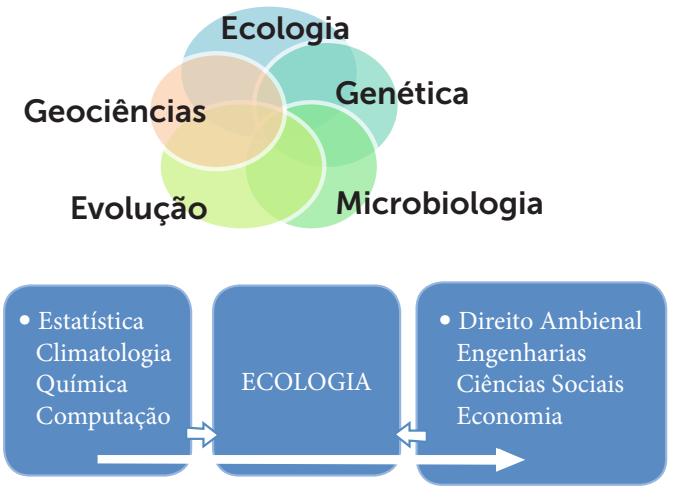
Gurevitch et al. (2009) afirmam que a Ecologia está construída sobre o tripé de padrão, processo e teoria. A relação entre partes ou entidades do mundo natural seriam os padrões. As causas desses padrões são os processos. As teorias são explicações para as causas. Neste sentido, ao fazer pesquisa pelo método científico, deveríamos procurar documentar padrões, entender processos e construir teorias que busquem explicar o que foi encontrado. Um exemplo muito atual é o das mudanças climáticas globais. Os cientistas identificaram que os padrões climáticos mudaram e, no

momento, busca-se compreender quais processos levaram a esta mudança. No futuro breve, esperamos construir e comprovar as teorias apresentadas e, assim, explicar o que foi encontrado.

Vale ressaltar a necessidade de aproximação entre sociedade científica e cidadãos. É crucial que os cientistas preocupem-se com a maneira que a sociedade percebe essa atividade e absorve seus resultados, visto que é fato que a ciência possui importância estratégica nas estruturas política, econômica e cultural do mundo contemporâneo. Desta forma, deve-se incentivar o uso de processos e recursos técnicos para a comunicação da informação científica ao público em geral. Afinal, fazemos ciência para quem?

No contexto da abordagem da metodologia científica na área ecológica, não podemos deixar de abordar a necessidade de multidisciplinaridade destes estudos. As limitações teóricas e até mesmo metodológicas encontradas na Ecologia para responder satisfatoriamente determinadas perguntas poderiam ser, em alguns casos, suprimidas por esta premissa transdisciplinar que a área permite.

Figura 1.9 | Interações da Ecologia com ciências básicas e aplicadas



Fonte: adaptada de Pinto-Coelho (2000, p. 13).

A Ecologia possui interações com outras ciências biológicas cuja perspectiva é essencial para seu desenvolvimento teórico (exemplo: microbiologia, genética, entre outras). Existem também ciências que fornecem novas abordagens metodológicas que ampliam as possibilidades de estudo na área ecológica (exemplo: computação, estatística, entre outras). E finalmente no sentido de aplicabilidade, existem as ciências que utilizam de alguma forma o conhecimento ecológico adquirido no decorrer do tempo.

Reflita

Existem várias áreas do conhecimento em que os métodos científicos não se aplicam, como a Filosofia. Você concorda com a frase atribuída ao britânico Bertrand Russell: "Ciência é o que você sabe. Filosofia é o que você não sabe"?

O estabelecimento do método científico foi um grande avanço para a ciência e não teria como ser diferente na área ecológica, uma vez que toda ciência progride articulando hipóteses testáveis, coletando dados de qualidade que são suficientes para testar as predições das hipóteses e relacionando os resultados à causa e ao efeito correspondentes. Se a multidisciplinaridade ampliar as possibilidades de sucesso de determinada área, é relevante e justificada a sua necessidade. É importante continuarmos a fazer estudos científicos de excelência e, assim, contribuir para os avanços de nosso século.

Sem medo de errar

A preparação de um projeto preliminar de estudo científico não é uma tarefa fácil. É necessário ter objetividade e clareza sobre os aspectos gerais da proposta e, até o momento, você teve um bom desempenho com a realização das duas primeiras etapas, que foram: a introdução e a reflexão sobre a hipótese predeterminada pelo programa de pós-graduação.

A terceira, e última, etapa finalizará o objetivo principal do contexto de aprendizagem apresentado no início da unidade e comtemplarão a análise preliminar de hipótese: que plantas de uma espécie de café com a nutrição adequada respondem melhor ao estresse hídrico do que uma planta que esteja em condições

inadequadas de nutrição. Surgem então as seguintes questões: quais fases do processo metodológico científico seu projeto deverá abranger? Como podemos caracterizá-las? Quais os dois elementos fundamentais na etapa de teste que poderão determinar o sucesso ou o fracasso em etapas posteriores do estudo científico? A resposta às perguntas irá direcioná-lo na resolução da atividade.

A partir do autoestudo dessa seção, observamos que a metodologia científica pode ser definida como um conjunto de abordagens, técnicas e processos utilizados pela ciência para formular e resolver problemas de aquisição objetiva do conhecimento de determinada área. Vimos que ela é adequada para se investigar a hipótese proposta e que já norteia a ciência há alguns séculos.

Neste sentido, inicie a avaliação preliminar da hipótese fazendo esta consideração e, em seguida, exponha quais as principais etapas da metodologia científica que o seu projeto deverá abranger, que podem ser resumidas em:

- **Observação**: são os dados a partir daquilo que vemos ou medimos no mundo real. Uma situação hipotética que poderia ter originado a proposta de estudo do programa de pós-graduação seria a observação de que, em secas severas, o cultivo de café com adubação regular apresentou melhores condições do que o cultivo que só era adubado quando as plantas apresentavam sinais de deficiência nutricional.

- **Elaboração de hipótese**: são potenciais explicações que podem representar nossas observações da realidade. Exemplo: plantas de café com nutrição adequada são mais tolerantes ao estresse hídrico.

- **Teste ou experimentação**: define-se pela realização de experimentos e análises estatísticas com finalidade de testar a hipótese levantada a partir das observações iniciais.

- **Resultados e interpretação**: a partir das observações, testes e análises estatísticas chegaremos a um resultado que deverá ser exposto e interpretado.

- **Conclusão**: é a apresentação da visão geral sobre o assunto

que foi abordado na hipótese e deve ser sucinta e direta.

Em seguida, complemente dizendo que, a partir do exposto, consideramos que as etapas de observação e hipótese já foram realizadas e a próxima etapa será a de testes.

Os dois elementos fundamentais na etapa de teste que poderão determinar o sucesso ou o fracasso em etapas posteriores do estudo científico com o café são o delineamento amostral e o esboço experimental para a condução dos experimentos, que devem envolver uma espécie de café com duas condições de nutrição e duas condições de estresse hídrico.

Avançando na prática

Modos de raciocínio científico: dedutivo ou indutivo

Descrição da situação-problema

Você faz a gestão de dois grupos de cientistas que foram designados como responsáveis para conduzir um estudo de ocorrência de formigas cortadeiras em áreas de restauração. Entretanto, eles estão indecisos, pois cada grupo apresenta uma argumentação ou modo de raciocínio científico em que pretende se fundamentar para fazer as inferências do estudo:

- **Grupo 1**: todas as formigas cortadeiras amostradas na área de vegetação são do gênero Atta. Amostrou-se essa formiga cortadeira na área de regeneração. Essa formiga cortadeira em particular é do gênero Atta.

- **Grupo 2**: todas as 50 formigas cortadeiras amostradas são do gênero Atta. Amostrou-se esse gênero de formiga na área de regeneração. Logo, todas formigas cortadeiras são do gênero Atta na área de restauração.

Quais os tipos de argumentação que os grupos de cientistas defendem? Você poderia explicá-las?

Resolução da situação-problema

São dois os tipos de argumentação para o desenvolvimento de um processo metodológico científico. O Grupo 1 fundamentou-se

no raciocínio dedutivo e o Grupo 2, no indutivo. Podemos chegar a tais conclusões, uma vez que os argumentos do primeiro grupo vão de um caso geral para uma conclusão mais específica e no segundo caso temos a situação inversa, partindo de uma premissa particular para atingir uma conclusão universal.

Faça valer a pena

1. O caráter científico que elaborou um núcleo de técnicas de ordem prática foi adquirido somente na Idade Moderna. Desta forma, podemos concluir que a ciência nos moldes atuais é relativamente recente, embora esteve sempre presente em observações corriqueiras de nosso cotidiano.

Entre as opções a seguir, qual é a denominação correta para o termo que representa "núcleo de técnicas de ordem prática"?

a) Metodologia dedutiva.
b) Metodologia científica.
c) Argumentação indutiva.
d) Conhecimento empírico.
e) Conhecimento filosófico.

2. O primeiro contato com o método científico deve ser desafiador e instigante, pois é por meio dele que a ciência é feita ao redor do mundo. Esse método pode ser resumido em: ..... de abordagens, ... e ..... utilizados pela ciência para ..... e resolver problemas de aquisição ..... do conhecimento de determinada área, de uma maneira sistemática.

Quais palavras completam as lacunas corretamente?

a) Conjunto; técnicas; processos; formular; objetiva.
b) Sistema; estratégias; definições; formular; subjetiva.
c) Sistema; técnicas; processos; decompor; objetiva.
d) Conjunto; técnicas; processos; formular; subjetiva.
e) Sistema; estratégias; definições; decompor; objetiva.

3. Entre as etapas do processo metodológico científico encontramos o tópico de resultados e interpretação, que é muito importante para abordar de forma clara e objetiva o que foi obtido com o trabalho, bem como as possibilidades de apresentação dos resultados, utilizando recursos visuais para apresentá-los de forma didática e atrativa.

Quais dos exemplos citados a seguir correspondem aos recursos visuais para apresentar resultados?

a) Escala espacial e temporal.
b) Mapas e unidades de medida.
c) Gráficos e unidades de medida.
d) Mapas e gráficos.
e) Mapas e escala temporal.

Referências

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

BRASIL. **Lei nº 11.651, de 25 de Maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 24 out. 2016.

FERRARI, Alfonso Trujillo. **Metodologia da ciência**. 3. ed. Rio de Janeiro: Kennedy, 1974.

FREITAS, Janaina de Lara et al. Vespas sociais (Hymenoptera: Vespidae) em lavouras de Coffea arabica L. (Rubiaceae) no Sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 3, p. 67-77, set. 2015. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/684/pdf_10>. Acesso em: 24 out. 2016.

GIACOMINI, Henrique C. Sete motivações teóricas para o uso da modelagem baseada no indivíduo em ecologia. **ACTA Amazonica**, v. 37, n. 3, p. 431-446, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v37n3/v37n3a15.pdf>. Acesso em: 24 out. 2016.

GOTELLI, Nicholas J.; ELLISON, Aaron M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia vegetal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

KLEIN, A. L. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro**: um século depois. São Paulo: Editora Unesp, 2002. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=17841>. Acesso em: 24 out. 2016.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica**: teoria da ciência e introdução à pesquisa. Petrópolis: Vozes, 2011. Disponível em: <http://server2.docfoc.us/uploads/Z2015/12/26/os9l6oTqau/a09e70e31d80460a01124669f3e634e3.pdf>. Acesso em: 24 out. 2016.

KREBS, Charles J. **Ecology**: the experimental analysis of distribution and abundance. New York: Harper International, 1972.

MILLER, G. Tyler; SPOOLMAM, Scott. **Ecologia e sustentabilidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

ODUM, Eugene P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434 p.

_____. BARRETT, Garry W. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

PINTO-COELHO, Ricardo Motta. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

_____. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

POLINARSKI, Celo Aparecido; DALZOTTO, Edilaine; NUNES, Maria Júlia Corazza. Da história natural a ascensão da ecologia como área de estudos para a biologia. **II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologi**a, Paraná, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, n. 191, 2010. Disponível em: <http://www.sinect.com.br/anais2010/artigos/EB/191.pdf>. Acesso em: 24 out. 2016.

ROCKSTRÖM, Johan et al. A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, n. 24, 2009.

Ecologia de populações

Convite ao estudo

Olá aluno(a), seja bem-vindo(a)!

Iniciaremos agora a segunda unidade do livro didático da disciplina Ecologia e sustentabilidade! Temos certeza que o autoestudo da unidade anterior foi útil e por meio dele você foi devidamente introduzido à temática ecológica, desenvolvendo tópicos muito importantes que o levaram a compreender a história da Ecologia como ciência, desde o passado até o que vemos hoje. Salientamos anteriormente que, no decorrer do livro didático, iríamos abordar três níveis hierárquicos de organização ecológica e, nesta seção, veremos o primeiro, que é população.

Nossa competência técnica, que expressa sucintamente o objetivo geral da unidade, será: entender o que é população, as suas propriedades e dinâmicas e aplicar os conhecimentos de Ecologia de população em atividades teórico-práticas.

Assim como na unidade anterior, teremos um contexto de aprendizagem. Portanto, imagine-se agora na posição de um funcionário de uma Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável que observou uma árvore muito peculiar no interior da floresta durante uma atividade de ecoturismo e descobriu que era uma nova espécie de angiosperma. A gestão da unidade solicitou um estudo populacional que durou 4 anos e você foi encarregado de analisar e interpretar os dados obtidos. Muito bem, com base na solicitação, após a análise e interpretação dos dados, foi atribuída a você a função de elaborar um relatório teórico de estudo populacional que deverá conter três partes, sendo elas:

- 1ª parte: uma análise da distribuição da espécie, tentando

estabelecer sua relação de ocorrência com o ambiente.

• 2ª parte: apresentação de inferências sobre natalidade, mortalidade e distribuição de idade.

• 3ª parte: análise do crescimento populacional da espécie

descoberta.

Agora reflita: a espécie ou a população evolui? Você sabe o que é uma população e quais suas principais propriedades? Como são feitas as inferências acerca do crescimento populacional de uma determinada espécie? Para responder às perguntas, você verá nesta unidade tópicos importantes relacionados à população, suas propriedades e dinâmicas, bem como a relação entre população e evolução, o ambiente e interações com outras espécies.

Bons estudos!

Seção 2.1

Populações e o indivíduo

Diálogo aberto

Iniciaremos nosso estudo no nível hierárquico de população e, como ponto de partida, escolhemos algumas temáticas atuais na área que desenvolverão uma visão abrangente do assunto antes de ingressarmos nas propriedades e na dinâmica do nível em questão. Teremos dois objetivos específicos nessa seção: conhecer e compreender a relação entre evolução e meio físico com o nível hierárquico de população e conhecer, compreender e diferenciar as relações ecológicas.

No contexto de aprendizagem apresentado anteriormente, você é um funcionário de uma Unidade de Conservação (UC) que observou uma árvore muito peculiar no interior da floresta dessa UC e descobriu que era uma nova espécie de angiosperma. Após a realização de um estudo populacional com esta espécie, você foi encarregado de analisar e interpretar os dados obtidos e agora deve escrever a primeira parte do relatório teórico de estudo populacional, que é uma análise da distribuição da espécie, tentando estabelecer sua relação de ocorrência com o ambiente.

Ainda temos mais algumas informações relevantes para lhe fornecer a respeito desta nova espécie: sua distribuição parece estar restrita a ambientes que alagam sazonalmente, próximos aos rios da região. Paralelamente, a espécie apresenta uma relação peculiar com uma formiga e sabe-se que a relação é benéfica para ambos os envolvidos. A partir das informações prévias, reflita as seguintes questões que deverão ser respondidas: qual a diferença entre condição e recurso? O alagamento é uma condição ou um recurso para a espécie arbórea em questão? Por quê? Qual o nome da relação estabelecida entre a árvore e a formiga? Explique-a e exemplifique.

A primeira etapa do relatório teórico de estudo populacional, que compreende a análise do ambiente na distribuição da espécie de angiosperma e da relação estabelecida com a formiga, será o foco desta seção e abordará alguns tópicos relevantes sobre o ambiente

físico e o que são condições e recursos. Ademais, outros temas muito importantes também serão brevemente abordados, como as interações envolvendo as espécies e evolução.

Não pode faltar

A partir de nossos estudos na Unidade 1, a definição de população foi apresentada como: conjunto de indivíduos ou organismos da mesma espécie que vive em uma área específica, que possui atributos mensuráveis e relações de interdependência. Neste sentido, cada organismo (ou conjunto) possui determinadas características (morfológicas, metabólicas, comportamentais etc.) e estabelece uma relação com seu ambiente. Muitas destas características mostram diferenças qualitativas e quantitativas e, dentre elas, temos o patrimônio genético da população ou conjunto de recursos genéticos que a mesma possui.

É reconhecido que as populações naturais estão sempre evoluindo, o que significa que as frequências de alelos em seu patrimônio genético mudam com as gerações por meio de processos microevolutivos (mutação, seleção natural etc.) ou macroevolutivos, que afetam a frequência de alelos em um local genético na população. Assim, pode-se concluir que são as populações que evoluem e não um único organismo.

Ao unirmos três temáticas – **população, evolução** e **ambiente** – temos uma indagação clássica de que determinado organismo pode ser adaptado a determinado ambiente. Exemplo: "organismo 1 é adaptado ao ambiente 1". Nesta frase, é importante perceber que a palavra "adaptado" diz que houve mudança genética.

Reflita

É possível que os organismos tenham sido moldados ou planejados para o tempo presente ou moldados por ambientes passados? Por quê?

A teoria ecológica por meio da seleção natural, abordada previamente na Seção 1.1, foi elaborada pelo naturalista Charles Darwin (1859) e é fundamentada em uma série de preposições:

• Indivíduos de determinada população não são idênticos, ocorre variação. Essa variação é hereditária, ao menos em parte.

• As populações têm potencial de povoamento.

• Não existe um padrão de número de descendentes por antepassados; temos números diferentes.

• A relação entre o indivíduo e o ambiente é decisiva para determinar o número de descendentes deixado.

Essas preposições levam basicamente a sugerir que, em cada ambiente, alguns organismos terão melhores condições de sobrevivência e reprodução, deixando mais descendentes em relação aos outros. Torna-se, assim, a seleção natural um dos processos centrais da evolução, juntamente com mutação, deriva genética, migração e fluxo gênico.

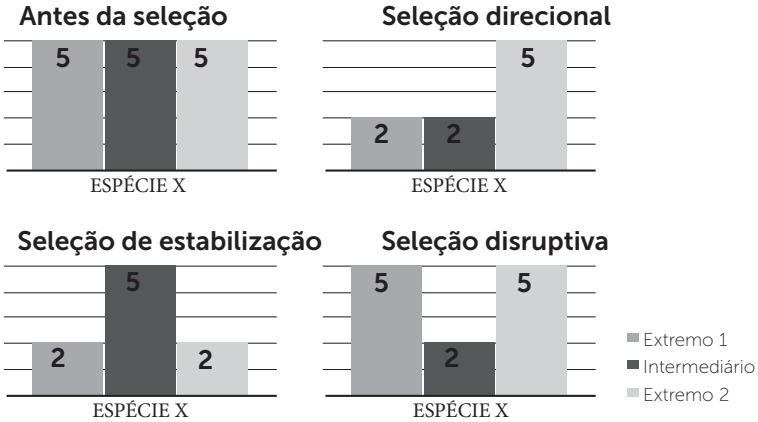
O termo de **eficácia biológica** (*fitness*) determina que os indivíduos mais aptos em uma população são aqueles que deixam maior número de descendentes em relação aos outros indivíduos na população. No aspecto de seleção natural, podemos encontrar na literatura três modos de padrões, dependendo de como são as pressões e os organismos envolvidos:

• **Seleção direcional**: indivíduos com uma característica em um extremo de um limite de variação são desfavorecidos enquanto aqueles na outra extremidade são favorecidos.

• **Seleção de estabilização**: indivíduos intermediários são favorecidos e extremos desfavorecidos.

• **Seleção disruptiva**: ambos os indivíduos dos extremos de limites de características são favorecidos enquanto indivíduos intermediários são desfavorecidos. Observe a Figura 2.1, que apresenta uma representação gráfica dos três modos de padrões seletivos que uma população pode exibir.

Figura 2.1 | Os três padrões de seleção natural



Fonte: adaptada de Cecie Starr et al. (2012, p. 129).

A perspectiva evolutiva é a base para compreender grande parte dos questionamentos ecológicos e aqui focamos em uma breve apresentação da seleção natural, que é descrita por autores como o processo de evolução mais influente. Para que ela ocorra, é necessário: variação fenotípica entre indivíduos em relação a algum atributo, fitness e herdabilidade. Este processo evolutivo, aliado aos demais, pode alterar tanto uma população ou espécie que está se tornando uma nova espécie.

Assimile

A evolução aproveita-se de um cenário para ocorrer, então ela não é intencional e, sim, oportunista.

Pesquise mais

Como um exemplo para ampliar a visão acerca do cenário evolutivo neste nível hierárquico, sugerimos a leitura do artigo a seguir, que aborda o tema:

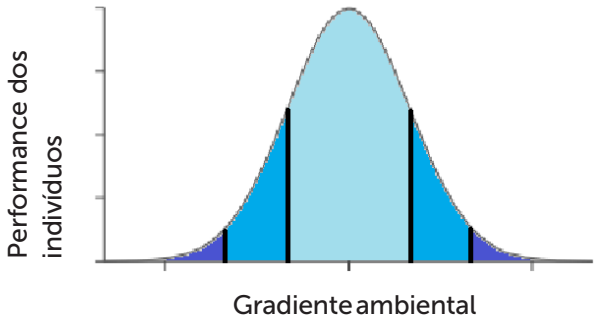
KAGEYAMA, Paulo Y.; GANDARA, Flávio Bertin; SOUZA, Lina M. Inglez. Consequências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**, v. 12, p. 65-70, 1998. Disponível em: <http://www.ipef.br/PUBLICACOES/stecnica/nr32/cap05.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2016.

Citamos o ambiente como fator participante no processo de seleção natural, mas não é somente por meio dele que este fator influencia as espécies e populações. Begon et al. (2007) já ressaltam que, para se conhecer a distribuição e abundância de uma espécie, devemos conhecer uma gama de fatores, entre eles as **condições ambientais** e os **recursos** que a espécie ou população necessitam.

Vamos começar por condições ambientais, que podem ser definidas como um fator ambiental abiótico que influencia no funcionamento da espécie. São exemplos clássicos de condições ambientais: salinidade, temperatura, umidade relativa, entre outras.

A partir de estudos, para algumas condições, é possível estabelecer uma concentração ou "condição ótima", em que um organismo exibe um desempenho máximo, com sua atividade diminuindo em níveis mais altos ou mais baixos, que é também conhecida como "Lei da Tolerância". Esta medida, entretanto, é relativa se considerarmos o ponto de vista que geralmente usamos para medir o efeito das condições sobre determinadas propriedades-chave e não na integralidade delas. Adicionalmente, os organismos podem sobreviver em uma gama mais ampla de condições, mas serem impossibilitados de crescer ou até mesmo de se reproduzir se não estiverem em condições favoráveis. Vejamos a Figura 2.2, que apresenta as diferenças da condição a partir de um gradiente ambiental.

Figura 2.2 | Condição de sobrevivência a partir de um gradiente ambiental: condição ótima - sobrevivência, crescimento e reprodução (cinza claro); condição de tolerância – sobrevivência (cinza médio); e condição crítica – não é possível sobreviver (cinza escuro)



Fonte: adaptada de Begon, Townsend e Harper (2007, p. 47).

O conceito de **nicho ecológico** cabe nesta temática, pois faz referência a um resumo das tolerâncias e necessidades de um determinado organismo, como visto em sua definição na Seção 1.1. Não devemos confundir este conceito com habitat, que se refere somente ao local onde a espécie vive. O conceito atual de nicho ecológico foi proposto por Evelyn Hutchinson, em 1957, que ainda complementa a definição em duas subunidades: **nicho fundamental**, que aborda o potencial completo de uma espécie, e **nicho efetivo** (real), perspectiva mais limitada de condições e recursos que permitem a ocorrência da espécie mesmo em adversidade (exemplo: presença de competidores e/ou predadores).

Em relação aos **recursos**, definições são abordadas há décadas e a mais atual refere-se a uma coisa (material, elemento etc.) adquirida do meio ambiente para atender as necessidades de uma determinada espécie, como visto na Seção 1.1. Esses recursos podem referir-se a alimento, a abrigo ou até mesmo à disponibilidade de acasalamento. É importante ressaltar que a quantidade de um recurso pode ser reduzida, podendo ocasionar competição para poder conseguir uma parte de um recurso que está limitado no meio.

Entre os recursos usualmente tratados na literatura, temos a radiação solar, fonte de energia, que é usada pelas plantas em suas atividades metabólicas. Existem diferentes destinos para a radiação solar e, em termos de fotossíntese, uma pequena parte atinge os cloroplastos e inicia-se o processo fotossintético. Em relação a esse recurso (luz), um exemplo de limitação que pode ocorrer são variações na sua intensidade e qualidade, afetando organismos que dependem dele. Outros exemplos de recursos são água, nutrientes minerais, gás carbônico e assim por diante.

A abordagem de contornos de crescimento líquido zero, abordada por Begon et al. (2007 apud TILMAN, 1982), salienta que as quantidades de dois recursos podem ser registradas respectivamente nos eixos x e y de um gráfico e a partir do pressuposto de que diferentes combinações dos dois recursos sustentaram diferentes taxas de crescimentos do organismo foco. Essa abordagem resulta na classificação de recursos em:

- **Essenciais**: considera-se recursos nesta categoria quando

um não pode substituir o outro, ou seja, o crescimento da população depende dos dois recursos. Exemplo: nutrientes minerais e o crescimento de plantas.

- **Perfeitamente substituíveis**: considera-se recursos nesta categoria quando um pode substituir o outro complemente. Exemplo: mudança de dieta alimentar (presas) de um animal carnívoro.

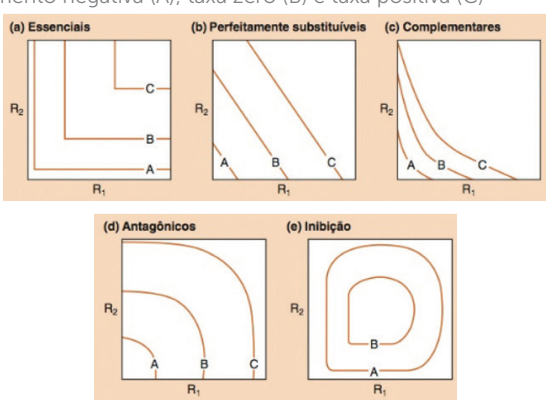
- **Complementares**: considera-se recursos nesta categoria quando encontramos uma relação que o consumo de dois recursos juntos condiciona uma necessidade de quantidade menor deles. Exemplo: dieta complementar de nutrientes.

- **Antagônico**: considera-se recursos nesta categoria quando encontramos uma relação em que o consumo de dois recursos juntos condiciona uma necessidade de quantidade maior dos mesmos. Exemplo: recursos com compostos tóxicos que possuem ação sinérgica.

- **Inibitório**: considera-se recursos nesta categoria quando encontramos níveis elevados de recursos que inicialmente eram essenciais, mas que passaram a ser prejudiciais para aquela espécie ou população. Exemplo: nutrientes minerais.

Observe a Figura 2.3, que apresenta os gráficos de isolinhas de crescimento dependentes dos recursos:

Figura 2.3 | Isolinhas de crescimento dependentes dos recursos. Recursos (R1 e R2); taxa de crescimento negativa (A); taxa zero (B) e taxa positiva (C)



Fonte: adaptada de Begon, Townsend e Harper (2007, p. 104).

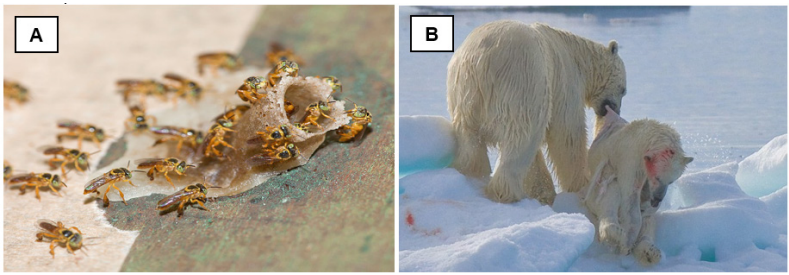
Os recursos são fundamentais para os indivíduos (ou populações), bem como as condições e, embora tenhamos outras variáveis envolvidas, podemos concluir que, fundamentalmente, juntos, eles definem o nicho ecológico de uma espécie. Construímos assim uma linha de raciocínio em que verificamos que o ambiente influencia as espécies e pode ser alterado, física e quimicamente, pela maneira como os indivíduos realizam suas atividades. Entretanto, não podemos esquecer, também, que existem as interações entre organismos (último tema abordado nessa seção).

As **interações ecológicas** podem ser definidas como a interação que os seres vivos mantêm entre si. Elas são usualmente separadas em intraespecíficas, quando ocorrem entre organismos da mesma espécie, e interespecíficas, quando os organismos envolvidos na interação são de espécies distintas, e também de acordo com os benefícios, prejuízos e/ou neutralidade (ausência de efeito líquido sobre a outra espécie) que trazem aos organismos da mesma espécie ou de espécies diferentes. As Figuras 2.4 e 2.5 a seguir apresentam exemplos de interações ecológicas.

A competição é uma interação entre indivíduos provocada por uma necessidade de recurso em comum e, como consequência, leva à redução de sobrevivência, crescimento e/ou reprodução de um grupo de indivíduos. A competição entre indivíduos da mesma espécie é frequente, pois eles têm necessidades muito semelhantes para completar seu ciclo de vida. Neste caso, ela é denominada intraespecífica e ocorre quando determinado recurso, devido à demanda combinada, pode se tornar escasso ou mesmo exceder a sua oferta imediata. Na ausência de competidores, a contribuição de cada indivíduo para a próxima geração seria equivalente, entretanto, na presença deles, observa-se o efeito de diminuição.

O canibalismo é outro exemplo de interação intraespecífica desarmônica. As colônias ou sociedade em que indivíduos da mesma espécie mantêm-se anatomicamente separados e cooperam entre si, como as abelhas, são exemplos de uma condição harmônica de interação.

Figura 2.4 | Interações intraespecíficas: (A) abelhas nativas Jataí; (B) canibalismo documentado em ursos polares



Fonte: (A) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Abelhas_Indigenas.jpg?uselang=pt-br>; (B) <http://jornaldosbichos.blogspot.com.br/2011/12/fotografa-flagra-urso-polar-comendo.html>. Acesso em: 22 nov. 2016.

As demais interações, ou relações ecológicas, envolvem duas espécies e as denominações mais usuais. Suas características gerais podem ser observadas no Quadro 2.1:

Quadro 2.1 | Interações interespecíficas e suas características

Tipo de interação	Implicação na espécie 1	Implicação na espécie 2
Competição interespecífica	Prejudicial	Prejudicial
Predação	Útil	Prejudicial
Parasitismo	Útil	Prejudicial
Mutualismo	Útil	Útil
Comensalismo	Útil	Prejudicial

Fonte: adaptado de Cecie Starr et al. (2012).

A **competição interespecífica** representa condição prejudicial para uma espécie, como resultado da exploração de recursos ou interferência de indivíduos de outra espécie. Muitos resultados podem ocorrer a partir desta interação, desde exclusão de habitat de uma das espécies até coevolução das duas espécies, gerando uma condição mais amena de competição.

A **predação** é uma interação que ocorre entre um predador (organismo consumidor) e uma presa (organismo vivo). As populações de predadores respondem de maneiras diferentes a mudanças de densidade (número de indivíduos) das populações das presas e essas populações exercem pressões seletivas umas sobre as outras. Assim como na competição interespecífica, nesta interação também é observado em alguns casos a coevolução das espécies envolvidas.

Exemplificando

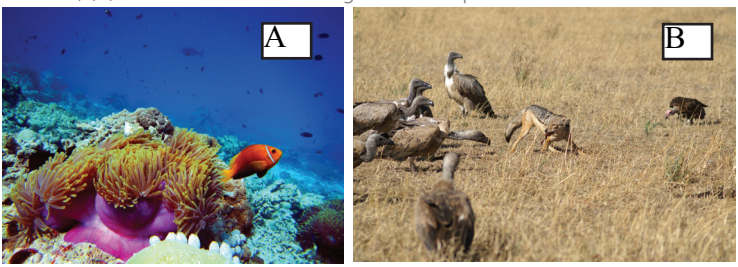
São exemplos de resultados evolutivos da coevolução entre predador-presa: coloração de advertência, camuflagem e mimetismo.

Ao identificarmos a relação parasita-hospedeiro temos uma relação obrigatória para uma das espécies envolvidas, afinal, ela passa ao menos parte de seu ciclo de vida vivendo e se alimentando no outro organismo, ou seja, estabelece um **parasitismo**. Matar um hospedeiro rapidamente é ruim para o parasita, então ele usualmente vive por períodos mais longos em um mesmo hospedeiro, deixando-o debilitado, estéril, entre outras coisa. Os animais que se aproveitam do comportamento de outra espécie para completar seu ciclo de vida são chamados "parasitas sociais".

A interação em que ambas as espécies são beneficiadas, chamada de **mutualismo**, é comum na natureza e um exemplo clássico são as flores e seus respectivos polinizadores, que podem ser insetos, morcegos, entre outros. Existem casos em que o mutualismo é necessário para ambas as espécies, mas usualmente não é isto que acontece e a relação é essencial apenas para um ou nenhum dos envolvidos. O mutualismo entre plantas e formigas é uma observação antiga, sendo as plantas os locais de nidificação e alimentação das formigas, enquanto estas últimas protegem as espécies vegetais de seus predadores. Exemplo: a espécie de árvore de florestas amazônicas *Tachigali myrmecophila* e a formiga *Pseudomyrmex concolor.*

O comensalismo é a interação benéfica para uma espécie enquanto a outra não é prejudicada. Alguns autores relatam que várias relações mutualísticas e parasíticas na verdade são comensais, pois não é possível comparar de maneira mensurável que ambas as espécies sejam beneficiadas ou prejudicadas. Como exemplo podemos pensar na utilização de plantas por aves para fazer seus ninhos.

Figura 2.5 | Interações interespecíficas: (A) líquens sobre uma pedra, um exemplo de mutualismo; (B) chacal e abutres em região de campo



Fonte:.(A).<http://www.istockphoto.com/br/foto/peixe-palha%C3%A7o-em-an%C3%AAmona-gm503739418-63112325?st=_p_anmona>. (B) <http://www.istockphoto.com/br/foto/chacal-de-manto-pr%C3%AAto-branca-de-encosto-vultures-gm496349054-78493835?st=_p_carnivoros>. Acesso em: 22 nov. 2016.

Estas e outras interações citadas na literatura (anensalismo, protocooperação etc.) demonstram como são intricadas as relações estabelecidas entre uma única espécie ou entre espécies diferentes e, juntamente com as condições, os recursos compõem um cenário complexo, que apresenta inferências evolutivas. Estes temas são importantes para compreendermos que os membros de uma população estão sujeitos simultaneamente a todos estes fatores, o que resulta em alterações de sua estrutura e dinâmica de diversas perspectivas, que serão abordadas nas seções seguintes desta unidade do livro didático.

Sem medo de errar

Vamos relembrar agora a situação apresentada no início dessa seção, na qual você, no papel de um funcionário de uma Unidade de Conservação (UC), observou uma árvore muito peculiar no interior da reserva e descobriu que ela era uma nova espécie de angiosperma.

A gestão da unidade solicitou um estudo populacional e agora você deve elaborar um relatório cuja primeira etapa analisará a distribuição da espécie arbórea que apresentou estar restrita a ambientes que alagam sazonalmente, próximos aos rios da região. Paralelamente, foi verificado que essa espécie apresenta uma relação peculiar com uma formiga, e sabe-se que a relação é benéfica para ambos os envolvidos. A partir das informações, reflita e responda às seguintes questões que serão a base da primeira etapa de seu relatório: existe diferença entre condição e recurso? O alagamento é uma condição ou um recurso para a espécie arbórea em questão? Qual o nome da relação estabelecida entre a árvore e a formiga? Defina-a e exemplifique.

Antes de responder a primeira pergunta , relembraremos as definições de "condição" e "recurso". Uma condição pode ser definida como um fator ambiental abiótico (temperatura, salinidade, umidade relativa etc.) que influencia no funcionamento da espécie. Já o recurso é uma coisa (material, elemento etc.) adquirida do meio ambiente para atender as necessidades de uma determinada espécie. Desta forma, podemos concluir que existe diferença entre as definições e, enquanto as condições são impostas ao organismo, os recursos são buscados por ele para suprir suas necessidades.

A partir do raciocínio apresentado no parágrafo anterior, chegamos à conclusão para responder a segunda questão: o alagamento é uma condição para a nova espécie arbórea de angiosperma da unidade de conservação?

Devido à fase de alagamento, ocorre a necessidade de adaptação das plantas a esta mudança no ambiente e, como vimos no conteúdo da seção, elas alteram arquitetura, anatomia, metabolismo e crescimento como estratégia de sobrevivência.

Com relação à terceira pergunta, sobre a relação estabelecida entre a árvore e a formiga, podemos concluir, a partir das informações que você possui até o momento, que a interação mais provável é de mutualismo. A definição dessa interação é a ocorrência de uma relação em que as duas espécies são beneficiadas. O exemplo de árvores e formigas é observação antiga, sendo as plantas os locais de nidificação e alimentação das formigas, enquanto estas últimas protegem as espécies vegetais de seus predadores. Outra inferência em nível de exploração que você poderia fazer é argumentar que, pelo fato de as formigas nidificarem nas árvores nas épocas alagadas, elas seriam menos prejudiciais.

Avançando na prática

Vamos agora aplicar os conteúdos aprendidos nesta seção em outras situações, conforme a seguir:

Um caso de seleção natural, sim ou não?

Descrição da situação-problema

O grupo de cientistas em que você atua observou mudanças nos padrões

de coloração de mariposas em regiões mais industrializadas. Anteriormente, a espécie apresentava coloração mais clara e agora ocorre a predominância de mariposas escuras.

A presença de árvores de coloração mais escura em regiões mais industrializadas em comparação a regiões menos industrializadas pode ser uma potencial explicação para este fenômeno observado, uma vez que a camuflagem das mariposas é importante para sua própria sobrevivência. Uma boa camuflagem aumenta a possibilidade de fuga dessa espécie em presença de predador. Evidencia-se, assim, que um grupo de indivíduos da espécie é selecionado.

Agora, como pesquisador, responda ao seguinte questionamento: é viável a possibilidade de seleção natural neste caso? Se sim, qual o padrão desta seleção? Justifique as suas respostas.

Resolução da situação-problema

Sim, é viável. Uma justificativa seria que é reconhecido que as populações naturais estão sempre evoluindo, o que significa que as frequências de alelos em seu patrimônio genético mudam com as gerações por meio de processos evolutivos, como vimos apresentado anteriormente. Em resumo, as preposições da seleção natural levam-nos basicamente a sugerir que em cada ambiente alguns organismos tenderão a ter melhor condição de sobreviver, reproduzir e deixar mais descendentes em relação a outros. No caso das mariposas salpicadas, esta consideração geral se aplica e desta forma pode ser caracterizada como um caso de seleção natural.

Visto que indivíduos com uma característica em um extremo de um limite de variação foram desfavorecidos (mariposas claras), enquanto aqueles na outra extremidade foram favorecidos (mariposas escuras), temos um caso de seleção direcional. Um outro exemplo de seleção direcional é o das bactérias que desenvolvem resistência a antibióticos, já que estes agem seletivamente e favorecem bactérias resistentes.

[1] O caso apresentado está fundamentado no estudo da *Biston betularia* (mariposa salpicada), adaptado de TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 576.

Faça valer a pena

1. "Conjunto de indivíduos ou organismos da mesma espécie que vive em uma área específica, que possui atributos mensuráveis e relações de interdependência" é uma definição da área ecológica muito importante e usualmente vista em cursos superiores que envolvem a área em questão. Um conjunto de indivíduos pode evoluir, um indivíduo não.
Levando em consideração o texto anterior, qual a denominação correta para a definição apresentada?

a) Comunidade.
b) População.
c) Biosfera.
d) Ecossistema
e) Organismo.

2. Para que ocorra seleção natural, é necessário que ocorra: variação fenotípica entre indivíduos em relação a algum atributo, fitness e herdabilidade. No aspecto deste processo evolutivo, podemos encontrar na literatura padrões dependendo de como são as pressões e os organismos envolvidos. Um deles, usado para explicar o caso das mariposas salpicadas, diz que **indivíduos com uma característica em um extremo de um limite de variação são desfavorecidos enquanto aqueles na outra extremidade são favorecidos**.
Qual a alternativa a seguir apresenta a denominação correta para o padrão de seleção natural destacado?

a) Seleção direcional.
b) Seleção essencial.
c) Seleção disruptiva.
d) Seleção de estabilização.
e) Seleção totalmente substituível.

3. Em relação ao conceito de condição e à Lei da Tolerância, observe as seguintes afirmações:
I. Condição ótima é uma denominação para o desempenho máximo de um organismo exibe sobre determinada condição ou concentração.
II. Os organismos podem sobrevier em uma gama mais ampla de condições, mas podem ser impossibilitados de crescer ou até mesmo reproduzir.
III. A Lei de Tolerância estabelece que, mesmo em condições menores, ou maiores em relação à "condição ótima" o organismo mantém a sua atividade.
Qual ou quais das afirmações anteriores estão corretas em relação aos temas tratados?

a) I, apenas.
b) II, apenas.
c) III, apenas.
d) I e III, apenas.
e) I e II, apenas.

Seção 2.2

Propriedades da população

Diálogo aberto

A primeira etapa do relatório teórico de estudo populacional foi cumprida na seção anterior e agora iniciaremos uma nova etapa que será fundamental para a sua conclusão.

Mas, antes, vamos relembrar o contexto de aprendizagem proposto: você é um funcionário de uma Unidade de Conservação (UC) que observou uma árvore muito peculiar no interior da floresta durante uma atividade de ecoturismo e descobriu que era uma nova espécie de angiosperma. A gestão da unidade solicitou um estudo populacional que durou quatro anos e você foi encarregado de analisar e interpretar os dados obtidos. Sendo assim, focaremos agora no desenvolvimento da segunda parte da proposta, que é a apresentação de inferências sobre propriedades da população da espécie arbórea a partir das análises dos dados brutos disponibilizados pela UC. Veja no Quadro 2.2 os dados fornecidos:

Quadro 2.2 | Dados fornecidos pela UC sobre a nova espécie de árvore

	Indivíduos por hectare (Ind. ha-1)	Indivíduos adultos mortos	Idade dos indivíduos		
			Plântulas	Juvenil	Adulto
Ano 1	307	–	230	45	32
Ano 2	326	9	250	46	30
Ano 3	296	7	220	46	30
Ano 4	278	9	200	47	31

Fonte: elaborado pela autora.

As seguintes perguntas devem ser respondidas para a construção dessa nova etapa do relatório teórico de estudo populacional: a partir dos dados brutos apresentados no Quadro 2.2, quais propriedades da população podem ser abordadas? Apresente suas definições. Qual ano apresentou as maiores taxas de nascimentos (com base na quantidade de plântulas) e mortalidade? Qual o tipo de curva de sobrevivência apresentada pela espécie? Explique-a.

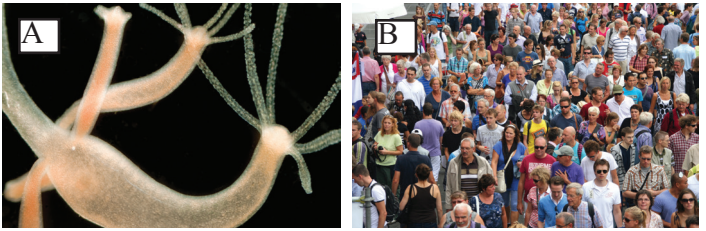
O objetivo desta seção é conhecer e analisar as propriedades da população. Para cumprir tal objetivo e responder aos questionamentos supracitados, estudaremos as propriedades da população e como elas (principalmente natalidade, mortalidade, idade e dispersão) são conceituadas. Para complementar, abordaremos a importância de taxas e gráficos para representação.

Não pode faltar

O estudo anterior focou na importância de evolução, condição ambiental, recursos e interações ecológicas no nível hierárquico de população e foram fundamentais para compreendermos que os membros de uma população estão sujeitos simultaneamente a todos estes fatores. A população, como um conjunto de organismos da mesma espécie, inserida neste contexto, apresenta várias características que são unicamente do grupo e, neste sentido, não condizem a propriedades dos indivíduos que compõem esse grupo, ou seja, não poderiam ser analisadas individualmente.

Duas perguntas são fundamentais antes de iniciar o estudo acerca desta temática: (1) O que é um indivíduo? O direcionamento desta primeira pergunta parte da divisão de organismos modulares, que possuem forma e tempo de desenvolvimento imprevisíveis (Exemplo: a maioria das plantas e alguns animais como esponjas, hidroides, corais etc.), e os unitários, que possuem forma e tempo de desenvolvimento previsíveis (Exemplo: homem). Observe na Figura 2.6 os exemplos de organismo modular e unitário. (2) Como podemos definir uma população? Já esta segunda questão pode ser respondida de diversas formas, entretanto, o direcionamento decisivo será fornecido pela própria espécie e o objetivo de estudo proposto.

Figura 2.6 | (A) Hidra sp, espécie modular que desprende partes de sua estrutura conforme cresce; (B) Homem, exemplo de organismo unitário



Fonte: (A) <http://www.istockphoto.com/br/foto/hydra-oligactis-futuro-gm157645665-13987147?st=_p_hydra>. (B) <http://www.istockphoto.com/br/foto/pessoas-caminhando-gm458094623-15992153?st=_p_multido>. Acesso em: 22 nov. 2016.

São muitas as motivações que levam os ecólogos a estudar e descrever a abundância e distribuição dos organismos ou de uma população, desde objetivos conservacionistas até controle de pragas. Neste sentido, tais estudos são importantes não só para a ciência de Ecologia compreender os fenômenos naturais, mas precisamente prevê-los e buscar controle.

A equação a seguir, adaptada de Begon et al. (2007), representa o número de indivíduos de uma espécie em determinado local (N_1) que é igual ao número anterior de indivíduos (N_2) somado ao número de nascimentos entre o momento anterior e o atual (Na), subtraindo-se o número de mortos (M), somando-se o número de imigrantes (I) e, por fim, subtraindo-se o número de emigrantes durante este mesmo período (E).

$$N1 = N2 + Na - M + I - E$$

Para entender a fórmula, devemos compreender alguns dos atributos demográficos ou as propriedades da população, que são: **densidade**, **natalidade**, **mortalidade**, **distribuição de idade** e **dispersão**. Todas as propriedades parecem simples, mas demandam grande esforço por parte dos pesquisadores para coletar os dados, pois envolvem a realização do censo, o mesmo que levantamento ou contagem da população. Entretanto, principalmente ao trabalharmos com animais, nem sempre é possível capturá-los, mantê-los vivos, contá-los e depois soltá-los.

As propriedades da população muitas vezes são especificadas por meio de taxas ou índices que dividem a alteração verificada pelo período de tempo em que ela ocorre. Estes dados indicarão a rapidez com a qual determinada população se alterará e são interessantes, pois uma população é uma entidade em mudança, e saber como ela se altera, além de compreender sua dimensão e composição, é fundamental.

Exemplificando

Veja as seguintes representações de taxas de natalidade e mortalidade:

- Taxa de natalidade: o cálculo é a divisão da quantidade de nascimentos pela população do período.
- Taxa de mortalidade: o cálculo é a divisão da quantidade de mortos pela população do período.

Pesquise mais

Sugerimos a leitura da reportagem que trata justamente deste tema para assimilação os conceitos:

BEER, Raquel. Por que salvar as abelhas. **Veja**, [on-line], 9 maio 2016. Disponível em:.<http://veja.abril.com.br/ciencia/por-que-salvar-asabelhas/>.Acesso em: 22 nov. 2016.

No estudo populacional, conhecer o ciclo de vida do organismo é necessário, seja ele um animal ou vegetal. Esse ciclo compreende as fases de vida do organismo e, em casos de animais, são divididos usualmente em nascimento, pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo. A morte, embora seja esperada após o período pós-reprodutivo, pode ocorrer em qualquer fase de vida do organismo.

Existe um padrão para todas as espécies em relação às características do período de crescimento. Este ocorre desde o nascimento, mas diminui de intensidade (ou até cessa) quando as espécies entram na fase reprodutiva. Em outros aspectos as espécies diferem, como o número de gerações por ano (espécies anuais e perenes).

Quanto à reprodução, existem dois tipos de espécies: as iteróparas, que podem reproduzir-se repetidamente, gastando seus recursos em uma reprodução e sobrevivendo para um próximo evento reprodutivo, e as semélparas, que apresentam apenas um evento reprodutivo, seguido pela morte do progenitor. Espécies iteróparas podem ser anuais (Exemplo: gafanhoto europeu) ou perenes (Exemplo: jacarandá), assim como as semélparas.

Assimile

Espécies perenes são aquelas que possuem um ciclo de vida que ultrapassa vários anos, enquanto as espécies anuais apresentam apenas uma geração durante o ano.

Vamos focar agora em alguns atributos da população de forma individual para assimilar seus respectivos conceitos e sua aplicação, sendo eles: densidade, natalidade e mortalidade.

A **densidade** é um atributo muito variável, entretanto, há limites

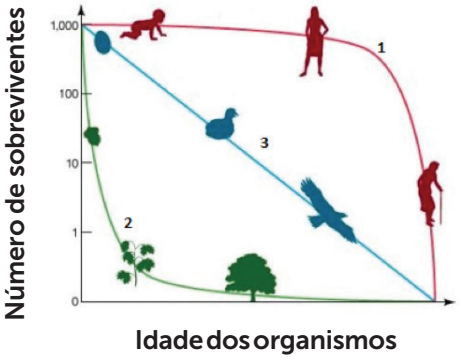
(superiores e inferiores) para a dimensão de uma população. Esse atributo representa o número de organismo ou indivíduos da população e usualmente é expresso por número de indivíduos ou biomassa por unidade de área total ou volume. A contagem total é utilizada em estudos fitossociológicos (estudo das comunidades vegetais) para espécies arbóreas e até mesmo na população humana. Em outros casos, opta-se pelos métodos indiretos de densidade, que serão abordados na próxima seção.

Um segundo atributo é a **natalidade** (taxa de natalidade), que descreve a produção de novos indivíduos por unidade de tempo. Este atributo pode ser expresso por uma infinidade de formas: nascimento, postura de ovos, germinação, entre outros. A literatura cita dois tipos de taxa de natalidade: natalidade máxima, ou seja, a produção de indivíduos que ocorreria em condições ideais (ausência de fatores ambientais limitantes); e natalidade realizada, que compreende o número de nascimentos dado em uma condição ambiental real. O atributo de natalidade não é constante e varia com o tamanho e a composição da população, assim como as condições ambientais.

A **mortalidade** descreve o número de indivíduos mortos por unidade de tempo e, neste sentido, é importante mencionar que é muito raro encontrar uma população que a maioria dos indivíduos esteja morrendo por senescência. Eventos não esperados levam a um grande número de mortes na população. Como exemplo de eventos temos a predação e as doenças.

A curva de sobrevivência, que explora graficamente o número de sobreviventes pela idade dos organismos, mostra três tipos de padrões: uma curva muito convexa, em que a taxa de mortalidade da população permanece baixa até próximo do fim do ciclo de vida; uma curva muito côncava, quando a mortalidade é alta na fase jovem da população; e curva intermediária, que se aproxima de uma constante. Observe a Figura 2.7 com os tipos de curvas de sobrevivência encontrados na natureza.

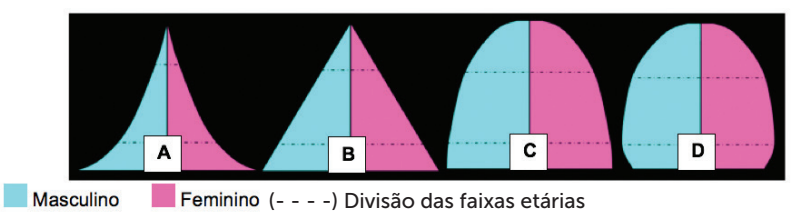
Figura 2.7 | Curvas de sobrevivência



Fonte: <https://global.britannica.com/science/survivorship-curve>. Acesso em: 22 nov. 2016.

A distribuição de idade (ou etária) de uma população é muito importante para determinar a condição reprodutiva atual e futura de uma dada espécie. Este atributo é influenciado pela natalidade e mortalidade da espécie da seguinte forma: uma população com grande proporção de indivíduos novos é dita como em expansão (A e B), enquanto uma população com distribuição mais uniforme de idade é dita estacionária (C) e, finalmente, uma população com grande número de indivíduos velhos é dita em declínio (D). Observe na Figura 2.8 os tipos de pirâmides de idade relatados na literatura. As pirâmides A e B estão em expansão, mas elas são diferentes devido à proporção de fases do ciclo de vida (pré-reprodutivo; reprodutivo e pós-reprodutivo). A pirâmide B apresenta maior número de indivíduos no período reprodutivo do que na pirâmide A.

Figura 2.8 | Tipos de pirâmides de idade. (A) expansão tipo I; (B) expansão tipo II; (C) estabilidade; (D) declínio



Fonte: adaptada de Cecie Starr et al. (2012, p. 195).

É importante considerar que a duração relativa da idade em proporção com o ciclo de vida varia consideravelmente de um organismo para outro. Muitas plantas e animais têm um período pré-reprodutor muito longo enquanto, para o homem moderno, as fases de idade são muito similares (cerca de um terço de vida em cada

classe). O aperfeiçoamento das técnicas de determinação de idade foi fundamental para melhorar o conhecimento deste atributo em populações de animais silvestres.

Reflita

A fase pós-reprodutiva do homem primitivo era muito mais curta em comparação ao homem moderno? Por quê?

As tabelas de vida são resumos de dados das faixas etárias da população que foi estudada, bem como a apresentação das taxas de natalidade e mortalidade específicas da idade. Existem vários tipos de tabela de vida e o tipo "coorte" é um exemplo, pois faz um acompanhamento de um grupo de indivíduos da população nascidos durante o mesmo intervalo até o momento de sua morte. Observe na Tabela 2.1 o exemplo de uma tabela de vida de tentilhões-dos-cactos. O padrão de fertilidade pode ser resumido, dentre outras taxas, pela taxa reprodutiva líquida (R_0).

Tabela 2.1 | Tabela de vida da coorte de 1978 dos tentilhões-dos-cactos (Geospiza scandens), na Ilha Daphne

IDADE EM ANOS (X)	NÚMERO DE INDIVÍDUOS VIVOS	SUPERVIVÊNCIA[a]	TAXA DE SOBREVIVÊNCIA[b]	TAXA DE MORTALIDADE[c]
0	210	1,000	0,434	0,566
1	91	0,434	0,857	0,143
2	78	0,371	0,898	0,102
3	70	0,333	0,928	0,072
4	65	0,309	0,955	0,045
5	42	0,295	0,678	0,322
6	23	0,200	0,548	0,452
7	23	0,109	0,652	0,348
8	15	0,071	0,933	0,067
9	14	0,067	0,786	0,214
10	11	0,052	0,909	0,091
11	10	0,048	0,400	0,600
12	04	0,019	0,750	0,250
13	03	0,014	0,996	

[a] Supervivência = proporção de recém-nascidos que sobrevive até a idade x.
[b] Taxa de sobrevivência = proporção de indivíduos de idade x que sobrevive até a idade x+1.
[c] Taxa de mortalidade = proporção de indivíduos de idade x que more antes da idade x+1.

Fonte: adaptada de Sadava et al. (2009, p. 372).

A tabela apresentada enfatiza as taxas de sobrevivência e mortalidade específicas da idade dos tentilhões-dos-cactos. Entre as informações interessantes que podem ser observadas, percebemos que as taxas de sobrevivência e mortalidade são muito variáveis em relação à idade. Por meio dos dados apresentados na tabela é possível construir uma curva de sobrevivência, tema explicado anteriormente nesta sessão.

Pesquise mais

Para aprofundar o conhecimento sobre as propriedades da população e tabelas de vida, sugerimos a seguinte leitura:

PINTO-COELHO, Ricarto Motta. Ecologia das populações - Parte 1 e 2. In: _____. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 21-36. Disponível em: <<https://goo.gl/RGZwyJ>.>. Acesso em: 22 nov. 2016.

A **dispersão** na população pode ser resumida na movimentação dos indivíduos. Elementos como sementes e propágulos também se enquadram neste atributo da população, que é influenciado por dois eventos: a chegada de novos residentes de outra população (imigração) e a partida de indivíduos que formavam residência permanente na população (emigração). Esses eventos já foram observados em animais de pastoreio, que geralmente vivem em grupos e por diversas razões acabam se unindo, e, também, em casos de lobos solitários, que tendem a trocar de alcateia. A migração ou o caminho recorrente (ida e volta) entre regiões de uma determinada população, possivelmente em resposta a mudanças em recursos ambientas, são considerados por alguns autores como componentes da dispersão, entretanto, podemos desconsiderar tais ganhos e perdas, pois eles se balanceiam com o tempo.

As trocas de indivíduos entre populações são comuns na natureza, visto que estas não são entidades isoladas. Entretanto, em termos quantitativos, elas são menos importantes que outros fatores internos já vistos, como natalidade e mortalidade. Especificamente, o efeito da dispersão em uma população dependerá da situação atual, da forma de crescimento e da taxa de dispersão.

Todos os fatores aliados à dispersão acarretam a expressão de

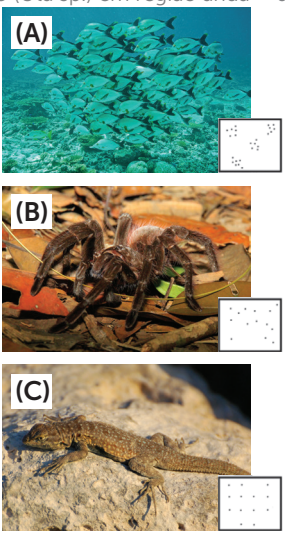
três padrões de distribuição em seu habitat, sendo eles:

- **Distribuição agrupada**: os indivíduos estão distribuídos em grupos dentro do habitat. É geralmente o tipo de distribuição mais comum, por dois motivos: as condições e os recursos geralmente são distribuídos da mesma forma e existem limitações em relação à dispersão de sementes ou deslocamento de animais.

- **Distribuição uniforme**: os indivíduos estão distribuídos de forma uniforme (malha) no habitat. São situações em que eles são mais espaçados do que esperaríamos ao acaso, como quando a competição por recursos e/ou território é intensa.

- **Distribuição aleatória**: os indivíduos estão distribuídos de forma não dependente no ambiente, pois as condições de habitat são quase uniformes e a disponibilidade de recursos é relativamente estável. Observe a Figura 2.9 com exemplos dos três padrões de distribuição populacional.

Figura 2.9 | Padrões de distribuição populacional. (A) cardume de peixe pargo no mar – distribuição agrupada; (B) tarântula na floresta amazônica – distribuição aleatória; e (C) lagarto pintado (Uta sp.) em região árida – distribuição uniforme



Fonte:.<http://www.istockphoto.com/br/foto/pargo-shoal-gm500780596-80989231?st=_p_%20shoal>. (B) <http://www.istockphoto.com/br/foto/tar%C3%A2ntula-gm486324192-72484709?st=_p_aranha%20brasileira>; (C) <http://www.istockphoto.com/br/foto/lagarto-pintado-uta-stansburiana-gm91266103-3485255?st=_p_uta%20lagarto>. Acesso em: 22 nov. 2016.

Concluímos que os processos que modificam o tamanho populacional são natalidade, mortalidade e dispersão, mas isto não significa que todo padrão de história de vida de uma espécie é igual, pelo contrário, podem ser muito diferentes. Isto porque uma população é uma unidade que apresenta indivíduos em estágios diferentes de desenvolvimento, que acarreta na exigência de diferentes recursos, dependendo do estágio de vida em que o indivíduo encontra-se. Ademais, outros fatores também podem atingir de forma diferente os indivíduos em diversos estágios de desenvolvimento, como predação e competição. Os métodos para identificar os padrões de história de vida são: tabelas de vida, curvas de sobrevivência (visto anteriormente) e padrão de fecundidade.

Sem medo de errar

A responsabilidade da elaboração de um relatório preliminar de estudo populacional foi designada a você, funcionário de uma Unidade de Conservação (UC), que observou uma árvore muito peculiar no interior da floresta e descobriu que era uma nova espécie de angiosperma. A gestão da unidade solicitou um estudo populacional que durou quatro anos e você foi encarregado de analisar e interpretar os dados obtidos, redigindo um relatório teórico de estudo populacional. Neste contexto, focaremos agora no desenvolvimento da segunda parte da proposta, que é apresentação de inferências sobre propriedades da população da espécie arbórea a partir das análises dos dados brutos disponibilizados pela UC. Veja novamente o Quadro 2.2 no início do texto, com os dados fornecidos.

As seguintes perguntas devem ser respondidas para a construção desta etapa do relatório teórico de estudo populacional: quais propriedades da população podem ser abordadas? Apresente suas definições. Qual ano apresentou as maiores taxas de natalidade (com base na quantidade de plântulas) e mortalidade? Qual o tipo de curva de sobrevivência apresentada pela espécie? Desta forma vamos refletir e respondê-las juntos.

A primeira pergunta solicita uma análise geral sobre os dados apresentados no Quadro 2.2 e questiona especificamente quais as propriedades da população podem ser abordadas e suas definições. Ao observar o Quadro 2.2, verificaremos que existe um número

total de indivíduos por hectare (307, 326, 296 e 278), um número de indivíduos mortos (-, 9, 7 e 9) e a distribuição de idade da espécie (plântulas: 230, 250, 220 e 200; juvenil: 45, 46, 46 e 47; adulto: 32, 30, 30 e 31). Estes dados brutos fornecem informações de densidade, mortalidade e distribuição de idade, respecitvamente. Vamos agora relembrar suas definições e aplicações:

- **Densidade**: representa o número de organismo ou indivíduos da população. Usualmente, é expresso por número de indivíduos ou biomassa por unidade de área total ou volume.

- **Mortalidade**: descreve o número de indivíduos mortos por unidade de tempo.

- **Distribuição de idade**: apresenta a distribuição de idade dos indivíduos de forma quantitativa.

A segunda pergunta é sobre qual ano apresentou as maiores taxas de natalidade (com base na quantidade de plântulas) e mortalidade. Para respondê-la, será necessário calcular as taxas anuais de natalidade e mortalidade:

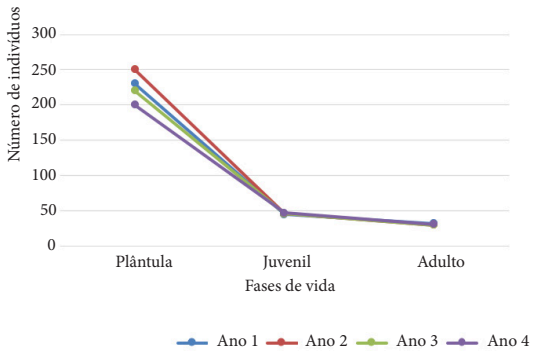
- **Natalidade**: 230/308 = 0,75 (ano 1); 250/326 = 0,76 (ano 2); 220/296 = 0,74 (ano 3); 200/278 = 0,72 (ano 4).

- **Mortalidade**: 9/326 = 0,03 (ano 2); 7/296 = 0,02 (ano 3); 9/278 = 0,03 (ano 4).

Após os cálculos realizados, descobriremos que, quantitativamente, a maior taxa de natalidade ocorreu no ano 2 e a maior taxa de mortalidade ocorreu nos anos 2 e 4.

A última pergunta solicita a curva de sobrevivência de cada ano da árvore e pergunta qual o tipo de curva formada. Vamos então começar plotando as curvas em um gráfico usando o software Word ou o Excel. Observe na Figura 2.10 o resultado da elaboração do gráfico:

Figura 2.10 | Curva de sobrevivência da espécie arbórea



Fonte: elaborada pela autora.

Observamos que a curva apresenta o formato tipo 2. É uma curva muito côncava, que demostra a mortalidade alta na fase jovem da população e, em seguida, começa a se estabilizar nas fases posteriores. Essa curva é típica para a maioria das árvores superiores e, portanto, o resultado encontrado é coerente com a literatura.

Avançando na prática

A importância da reprodução no ciclo de vida

Descrição da situação-problema

O bambu apresenta crescimento rápido, reprodução assexuada e, também, o fenômeno do florescimento a intervalos de tempo, que, dependendo da espécie, varia de 1 a 120 anos. O evento reprodutivo é seguido pela morte do progenitor. Você, como pesquisador científico de um instituto biológico, deve agora classificar o bambu de acordo com seu ciclo de vida e seu tipo de reprodução. Justifique sua resposta.

Adicionalmente, o seu grupo de trabalho gostaria de estudar e construir uma tabela de vida de uma espécie de bambu nativa que ocorre nas florestas brasileiras. A partir das suas observações acerca do ciclo da espécie e tipo de reprodução, e sabendo que os indivíduos de bambu ou bambuzal são clones do progenitor primário (primeiro colmo de bambu que ocorreu na área), você considera que a escolha de uma tabela de "coorte" é uma opção adequada para este estudo? Por quê?

Resolução da situação-problema

A partir do exposto anteriormente, podemos concluir que o bambu pode possuir duas formas de reprodução: a reprodução assexuada e sexuada. Enquanto a primeira pode ocorrer a qualquer momento na vida da planta, a segunda pode demorar muitos anos para ocorrer. Neste sentido, é correto quando se afirma que a espécie de bambu é uma planta perene, pois seu ciclo de vida demora mais de um ano para ser completo. Quanto à reprodução, a espécie seria considerada como semélpara, pois apresenta apenas um evento reprodutivo, seguido pela morte do progenitor.

A escolha dos pesquisadores por uma tabela de "coorte", que é o acompanhamento de um grupo de indivíduos da população nascidos durante o mesmo intervalo até o momento de sua morte, é adequado, pois, devido ao ciclo de vida da espécie, que pode ser muito longo, seria muito difícil acompanhar toda uma população.

Faça valer a pena

1. As propriedades de população são fundamentais para compreender a estrutura e dinâmica deste nível hierárquico de organização ecológica. Várias destas características são unicamente do grupo e, neste sentido, não condizem a propriedades dos indivíduos que compõem o grupo.
Quais das propriedades apresentadas a seguir são deste nível hierárquico de organização?
a) Dispersão, natalidade e densidade.
b) Diversidade, densidade e mortalidade.
c) Densidade, natalidade e diversidade.
d) Estrutura, dinâmica e natalidade.
e) Dinâmica, natalidade e mortalidade

2. As taxas, ou índices, são recursos úteis no estudo dos atributos da população, pois podem expressar a rapidez com a qual determinada população se alterará com o tempo. Afinal, uma população é uma entidade em mudança, e saber como ela se altera, além de dimensão e composição, é fundamental.
Qual das alternativas a seguir apresenta o exemplo correto de taxas usadas na Ecologia de População?
a) Taxa de fotossíntese.
b) Taxa de mortalidade.
c) Taxa de distribuição.
d) Taxa de energia incorporada.
e) Taxa metabólica.

3. A dispersão é um dos processos que pode levar a mudanças temporais em populações e, além disso, todos os fatores envolvidos neste processo acarretam nos indivíduos de uma população a expressão de três padrões de distribuição em seu habitat.

Qual das alternativas a seguir apresenta a nomenclatura correta para os três padrões de distribuição da população?

a) Natalidade, mortalidade e dispersão.
b) Uniforme, conjugado e agregado.
c) Uniforme, dispersão e aleatório.
d) Agregado, uniforme e aleatório.
e) Aleatório, agregado e natalidade.

Seção 2.3

Crescimento populacional e estratégias demográficas

Diálogo aberto

As duas primeiras seções da unidade de Ecologia de População já foram abordadas e aprendemos importantes conceitos acerca do tema. Agora vamos relembrar novamente o contexto de aprendizagem e ver a situação-problema para iniciar nossa última seção.

No contexto de aprendizagem você assumiu o papel de um funcionário de uma Unidade de Conservação (UC) que observou uma árvore muito peculiar no interior da floresta durante uma atividade de ecoturismo, descobrindo, assim, uma nova espécie de angiosperma. A gestão da unidade solicitou um estudo populacional que durou quatro anos e você foi encarregado de analisar e interpretar os dados obtidos. Muito bem, com base na solicitação, você decide elaborar um relatório teórico de estudo populacional, realizado nas duas primeiras etapas. A última parte compreende em analisar o crescimento populacional da nova espécie, que será foco desta seção do livro didático. Observe então o Quadro 2.2, apresentado na Seção 2.2, com os dados brutos fornecidos pela UC.

O objetivo da seção é conhecer os conceitos acerca do crescimento populacional e as estratégias demográficas. Assim, as seguintes perguntas devem ser respondidas para o processo de construção desta etapa e finalização do relatório teórico de estudo populacional: o crescimento da população é exponencial? Podemos observar algum fator de regulação que atuou na população? Essa espécie é provavelmente r-estrategista ou K-estrategista? Justifique.

Para cumprir tal objetivo e responder às perguntas, estudaremos os métodos de estimar o tamanho populacional, a forma e o modelo de crescimento populacional, bem como flutuação e regulação da população e as estratégias demográficas.

Bons estudos!

Não pode faltar

Anteriormente demonstramos como os fatores de evolução, as interações intra e interespecíficas, as condições e os recursos influenciam uma população, que apresenta propriedades estruturais (idade e distribuição no habitat) que se modificam devido aos eventos demográficos ou dinâmicos (natalidade, mortalidade e dispersão).

Vimos também que a densidade populacional pode ser obtida por meio do censo ou da contagem da população, que, embora tenha grande precisão, torna-se inviável em alguns casos, como aqueles em que o organismo é muito ativo e percorre grandes áreas. Neste sentido existem métodos estatísticos para estimar o tamanho populacional, pois por meio destes métodos podemos estimar com segurança a densidade populacional a partir de amostras representativas do grupo em questão.

Os métodos para as estimativas variam de acordo com o organismo em questão. Se a espécie for pouco móvel, técnicas como amostragem de quadrantes ou transectos dentro de um habitat são eficientes, pois são fundamentadas no censo inicial para estimar a densidade e, depois, num novo censo, para também permitir investigar a dinâmica da espécie em foco.

Um segundo método envolve espécies móveis que se locomovem para dentro e para fora da área original do censo, chamado captura e recaptura. Esse método é fundamentado na captura, marcação e liberação dos organismos desejados e, em um segundo momento, após os indivíduos marcados misturarem-se novamente com a população, realiza-se uma nova amostragem de indivíduos. A estimativa a partir desse método ocorre pela proporção da nova amostragem, que já estava marcada e pode ser utilizada para a estimativa, conforme descrita na equação a seguir:

$$m2 / n2 = n1 / N$$

Em que:

n1 = número de indivíduos marcados na primeira amostragem.

n2 = número total de indivíduos da segunda amostragem.

m2 = número de indivíduos marcados na segunda amostragem.

N = tamanho estimado da população absoluta.

As técnicas que estimam o tamanho populacional por meio de amostras ainda não são extremamente precisas, mas, em conjunto, ecólogos e estatísticos buscam desenvolver procedimentos para corrigir possíveis erros e, assim, aumentar a confiabilidade destes tipos de dados. Observe na Figura 2.11 exemplos de animais marcados para estudos ecológicos.

Figura 2.11 | Diferentes tipos de animais marcados em estudos que utilizaram o método de captura e recaptura

Fonte: (A) <http://www.istockphoto.com/br/foto/big-horn-sheep-with-collar-gm524728262-92269985>; (B) <http://www.istockphoto.com/br/foto/tagged-borboleta-monarca-gm503306452-82454783>. Acesso em: 22 nov. 2016.

O método de captura e recaptura pode ser adaptado para diferentes espécies de animais, como observamos na Figura 2.11. Espécies de maior porte, como o carneiro selvagem, possibilitam uso de aparelhos, como coleiras de GPS (*Global Positioning System*), enquanto, para espécies menores, como a borboleta monarca, o uso de adesivos é o adequado. Devemos pensar e priorizar sempre o bem-estar do animal.

Assimile

São exemplos de métodos de estimativa da densidade populacional o quadrante ou transecto para organismos menos ativos e o de captura e recaptura para organismos mais ativos.

Após descobrir a densidade de uma população, indagamos se a densidade populacional está mudando e como seria esta mudança. Neste sentido, devemos compreender que todas as populações têm potencial para um crescimento exponencial, entretanto, isso raramente ocorre, pois podemos observar na natureza o crescimento populacional zero, que compreende um intervalo em que o número de nascimentos é balanceado pelo número de mortes em algumas

populações.

O crescimento exponencial representa um evento em que todos os descendentes de uma determinada população possuem condições de crescer e se reproduzir em um ambiente com recursos ilimitados. Uma vez que o número de uma população aumenta, o número de novos indivíduos adicionados por unidade de tempo também aumentará, mesmo que as taxas de crescimento per capita, natalidade e mortalidade mantenham-se constantes. Nestas condições, temos o padrão de crescimento exponencial da população, que é reconhecido por meio da elaboração de um gráfico de tamanho populacional em relação ao tempo, formando-se uma curva ascendente contínua ou uma curva característica de J. Observe o exemplo de curva exponencial na Figura 2.12:

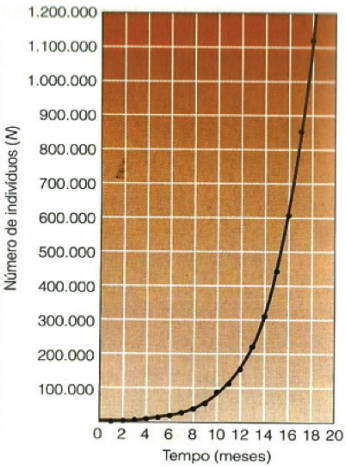
Exemplificando

O termo "taxas por individuo", ou taxa per capita, possui o significado de "contagens por cabeça". Por exemplo, para encontrar a taxa de crescimento per capita (r) é necessário subtrair da taxa de nascimento per capita (n) e a taxa de mortalidade per capita (m), conforme a equação:

$$r = n - m$$

Figura 2.12 | Exemplo de curva exponencial de uma população hipotética de ratos (r = 0,4 por rato ao mês)

	Tamanho da População Inicial		Tamanho da População Inicial	Tamanho da Nova População
$G =$ $r \times$	2.000	=	800	2.800
$r \times$	2.800	=	1.120	3.920
$r \times$	3.920	=	1.568	5.488
$r \times$	5.488	=	2.195	7.683
$r \times$	7.683	=	3.073	10.756
$r \times$	10.756	=	4.302	15.058
$r \times$	15.058	=	6.023	21.081
$r \times$	21.081	=	8.432	29.513
$r \times$	29.513	=	11.805	41.318
$r \times$	41.318	=	16.527	57.845
$r \times$	57.845	=	23.138	80.983
$r \times$	80.983	=	32.393	113.376
$r \times$	113.376	=	45.350	158.726
$r \times$	158.726	=	63.490	222.216
$r \times$	222.216	=	88.887	311.103
$r \times$	311.103	=	124.441	435.544
$r \times$	435.544	=	174.218	609.762
$r \times$	609.762	=	243.905	853.667
$r \times$	853.667	=	341.467	1.195.134



Fonte: adaptada de Starr et al. (2012, p. 184).

Assimile

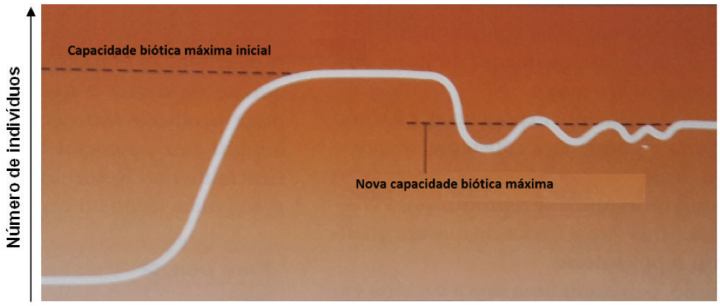
Se a taxa de crescimento for constante e superior a zero, uma população crescerá exponencialmente, ou seja, o número de indivíduos aumentará cada vez mais rápido com o tempo.

Para uma espécie apresentar o crescimento exponencial, ela pode, ou não, ter atingido o seu potencial biótico, ou seja, a taxa de crescimento populacional máxima possível sob condições ideais. A espécie humana, por exemplo, não atingiu seu potencial biótico, que seria de 2% a 5% ao ano, mas está crescendo exponencialmente. A taxa de crescimento real é muito diferente, pois depende de vários fatores (Exemplo: condições ambientais, escassez de recursos etc.).

No entanto, populações raramente continuam crescendo sem problemas, pois as condições ideais de crescimento são raras e temporais. As condições ambientais limitam o crescimento populacional, como já mencionado na seção anterior, pois qualquer recurso essencial com pouca oferta se torna um fator limitante para a espécies/população em questão (Exemplo: locais para ninhos, competição, refúgio etc.). O crescimento exponencial pode ocorrer em espécies de plantas por algum tempo em circunstâncias específicas (Exemplo: espécie ruderal no início da sucessão secundária, plantas invasoras que colonizam um novo hábitat etc.), entretanto, o modelo não é realista e está condicionado à competição intraespecífica da espécie.

Neste sentido, a **capacidade biótica máxima** passa a ser um elemento importante a ser estudado. Este termo refere-se ao número máximo de indivíduos de uma população que em um dado ambiente pode sustentar indefinidamente. Podemos concluir que, neste contexto, existe um suprimento sustentável de recursos que determina o tamanho da população. Surge, assim, o **padrão de crescimento logístico**, que é representado num gráfico em que o aumento inicial de uma pequena população é lento, seguido por um crescimento mais acelerado e por fim seu tamanho é limitado à medida que sua capacidade biótica é atingida. Esse crescimento possui forma sigmoide (formato de S). Observe a Figura 2.13, que mostra a representação deste padrão de crescimento populacional.

Figura 2.13 | Padrão gráfico do crescimento logístico



Fonte: adaptada de Starr et al. (2012, p. 186).

Reflita

Ambos os padrões descritos são aproximações do que ocorre na natureza. Será que podemos dizer que os padrões são complementares?

A representação numérica da curva de crescimento logístico é:

$$C = T \times N \times P$$

Em que:

C = crescimento populacional por unidade de tempo.

T = taxa de crescimento máximo populacional per capita.

N = número de indivíduos.

P = proporções de recursos ainda não utilizados.

Uma teoria geral para a regulação da população resultou da avaliação de dois aspectos derivados de feitios ambientais e aqueles outros de feitios biológicos. Em ecossistemas com alta pressão física e baixa diversidade, ou que sofram com imprevisíveis perturbações internas, as populações tendem a ser reguladas por componentes físicos. Todavia, populações que são encontradas em ecossistemas sem pressões físicas e alta diversidade tendem a ser reguladas por fatores biológicos.

Com base nas teorias iniciais, é denominado **fator dependente de densidade** aquele que ocorre ou se intensifica com aumento

da densidade de indivíduos e são exemplos característicos destes fatores desde competição por recursos limitados, até proliferação de doenças. Outro tipo de fator é denominado **fator independente de densidade**, ou seja, aquele que não é afetado pelo aumento do número de indivíduos da população e são exemplos clássicos deste tipo de fator os desastres naturais, como os terremotos, as tempestades, entre outros. Em ambos os fatores ocorre a diminuição do sucesso reprodutivo.

Pesquise mais

O tema acerca de flutuações populacionais é interessante e dinâmico. Para aprofundar seus estudos, sugerimos a seguinte leitura:

CUNHA, Emiliana Gloria Moreira da; AMARO, Lilian Betânia Reis; CARMO, Cristine Costa do. Abordagem histórica do conceito de flutuações populacionais cíclicas – problemática abordada por Elton. **Revista SEBnBIO**, Rio de Janeiro, n. 7, out. 2014. Disponível em: <http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0629-1.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2016.

É interessante notar que a densidade é uma propriedade populacional que influencia diversos aspectos nos organismos. E o último aspecto que veremos a respeito deste tema é como a densidade populacional também pode afetar o tipo de reprodução ou modificar a estratégia de reprodução que um organismo realiza. O conceito da seleção r e K (MACARTHUR; WILSON, 1967; MACARTHUR, 1962) partiu da comparação entre espécies que colonizam com rapidez ilhas ou espaços relativamente "vazios" (espécies r) e espécies que conseguem se manter estáveis nesses espaços, mesmo após a chegada de muitos outros organismos colonizadores (espécie K).

Em um caso de baixa densidade, presume-se que haverá pouca competição por recursos e, neste sentido, organismos que utilizam de seus recursos para gerar descendentes rapidamente estarão em vantagem. Esses organismos geralmente buscam se reproduzir enquanto ainda jovens, com prole pequena e sem muitos cuidados parentais. A **seleção r** (estratégia r) favorece traços que maximizam o número de descendestes e está associada a ambientes instáveis. São características esperadas para espécies r-estrategista: tamanho corporal menor, maturidade precoce e semelparidade (possuem

apenas um período reprodutivo durante a vida seguido de mortalidade), ao menos parcial.

Em contraposto, a **seleção k** (estratégia k) favorece traços que melhoram a qualidade dos descendentes e está associada a ambientes estáveis. São características esperadas para espécies K-estrategista: tamanho corporal maior, reprodução tardia e iteroparidade (possuem vários períodos reprodutivos ao longo da vida). O homem, embora seja dotado de grande capacidade adaptativa e consiga se estabelecer em ambientes inóspitos, possui características de um organismo k-estrategista, por exemplo.

Evidências que corroboram a teoria da seleção r/K podem ser observadas em níveis gerais para táxons, por exemplo, entre plantas. Nas árvores de uma floresta, cujo ambiente é relativamente constante e previsível, encontramos espécies K-seletivas. Em habitats mais perturbados, as plantas tenderão a realizar características mais r-estrategistas. Entretanto, alguns autores ainda criticam muito a teoria, uma vez que falta embasamento experimental, e afirmam que a discussão a seu respeito é pouco relevante, pois a maioria dos organismos apresenta uma combinação associada dessas características.

Faça você mesmo

Gostou da teoria de seleção r/K? Então busque em livros da área ecológica ou na internet outros exemplos de evidências de trabalhos que corroboram com essa teoria.

É uma oportunidade de ampliar seus conhecimentos, refletir sobre o tema e, assim, formar opinião em relação à importância, ou não, deste assunto.

Concluímos, então, que o crescimento de uma população é um evento complexo que envolve, além das propriedades clássicas deste nível hierárquico, temas como: padrão e história de vida do organismo, fatores limitantes, estratégias demográficas, entre outros.

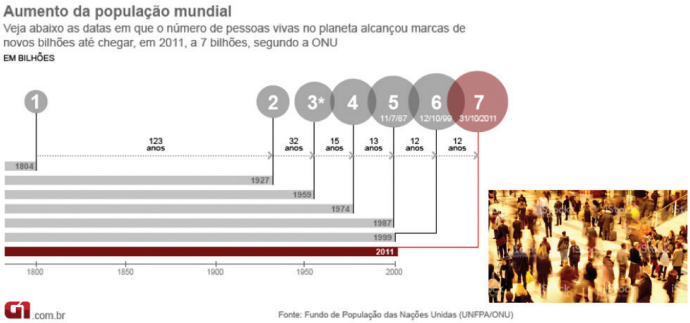
Pesquise mais

A temática sobre populações é importante e necessita de aprofundamento teórico a partir da leitura complementar do seguinte capítulo de livro:

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin. R.; HARPER, John. L. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

Dentro da temática de população não podemos finalizar a unidade antes de inferir alguns comentários acerca da população humana. Em decorrência da expansão de novos habitats e melhores técnicas agrícolas, permitiu-se uma expansão rápida inicial deste grupo, que foi seguida por inovações médicas e tecnológicas que resultaram em um boom populacional. Pode-se considerar que tais inovações aumentaram a capacidade biótica e contornaram muitos dos fatores limitantes da humanidade. Hoje, a população humana passou de 7 bilhões de indivíduos e continua a crescer em níveis alarmantes. Podemos observar na Figura 2.14 os anos considerados marcos do crescimento da população mundial:

Figura 2.14 | O aumento da população mundial



Fonte: <http://www.istockphoto.com/br/foto/esta%C3%A7%C3%A3o-de-trem-de-ocupado-durante-a-hora-do-rush-gm491870658-75997447?st=_p_multido>; <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2011/10/populacao-mundial-chega-7-bilhoes-de-pessoas-diz-onu.html>. Acesso em: 22 nov. 2016.

A maioria dos governos reconhece que o crescimento populacional, a falta de recursos, a poluição e a qualidade de vida estão correlacionados. Desta forma, é necessário reaver alguns padrões de vida e repensar atitudes para tentar equilibrar conflitos que podem tornar-se cada vez mais frequentes no futuro próximo, como dificuldades econômicas e disputas civis por recursos essenciais (como água, alimento etc.) que estão limitados frente à demanda da população.

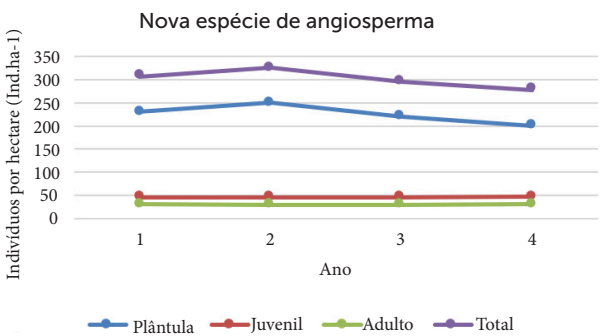
Sem medo de errar

A responsabilidade de elaboração de um relatório preliminar de estudo populacional foi designada a você, funcionário de uma Unidade de Conservação (UC), que observou uma árvore muito peculiar no interior da floresta e descobriu que era uma nova espécie de angiosperma. A gestão da unidade solicitou um estudo populacional que durou quatro anos e você foi encarregado de analisar e interpretar os dados obtidos. Neste contexto, focaremos no desenvolvimento da terceira parte da proposta, que é apresentação de inferências sobre o crescimento populacional da espécie arbórea a partir das análises dos dados brutos disponibilizados pela UC. Veja então novamente o Quadro 2.2 apresentado na Seção 2.2.

Agora as seguintes perguntas devem ser respondidas para o processo de construção desta etapa do relatório teórico de estudo populacional e, desta forma, vamos refletir e respondê-las juntos: o crescimento da população é exponencial? Podemos observar algum fator de regulação que atuou na população? Essa espécie é provavelmente r-estrategista ou K-estrategista? Justifique.

Para auxiliar neste processo de resolução, sugere-se a construção gráfica dos resultados apresentados no Quadro 2.2. Uma segunda opção é calcular a taxa de crescimento da espécie, que apontará os mesmos resultados, visto que o censo apresentado é geral e não detalhado, ou seja, não apresenta medidas mais detalhadas, como as diárias ou mensais. Para ajudá-lo(a) a recordar a fórmula, observe novamente a equação: $r = n - m$

Figura 2.15 | Gráfico dos resultados do censo da nova espécie de angiosperma identificada na UC



Fonte: Elaborado pela autora.

Como foi apresentado no item "Não pode faltar", o crescimento exponencial representa um evento em que todos os descendentes de uma determinada população possuem condições de crescer e se reproduzir em um ambiente com recursos ilimitados. Em casos de plantas, o crescimento exponencial é muito especifico/raro e não seria esperado encontrar esse crescimento para a nova espécie de angiosperma. Ao plotar os dados dos censos anuais da espécie, não verificamos a forma característica de crescimento exponencial, que é a curva característica de J. Logo, podemos descartar, assim, a possibilidade deste tipo de crescimento neste caso.

Verificamos, a partir do gráfico produzido, que a população total (soma dos indivíduos vivos em estágio de plântula, juvenil e adulto) teve um aumento no segundo ano e, em seguida, teve declínio. Esse declínio foi causado principalmente pela mortalidade no estágio de plântulas da espécie, entretanto, os demais estágios (juvenil e adulta) tiveram pouca alteração em relação a seu crescimento, caracterizando uma população estável.

A maior mortalidade no estágio de plântula já foi discutida na curva de sobrevivência da seção anterior como característica para a maioria de plantas superiores. Paralelamente, o grande aumento de plântulas, observado no segundo ano, pode ter aumentado a competição intraespecífica da espécie no local, que ocasionou alta mortalidade nos anos seguintes. Verificamos, então, um fator limitante dependente da densidade no estágio de plântula.

Em relação ao tipo de estratégia estabelecida pela espécie, é esperado que as árvores de uma floresta, cujo ambiente é relativamente constante e previsível, sejam espécies K-seletivas, ou seja, aquelas que favorecem traços que melhoram a qualidade dos descendentes e possuem algumas características gerais como: tamanho corporal maior, reprodução tardia e iteroparidade.

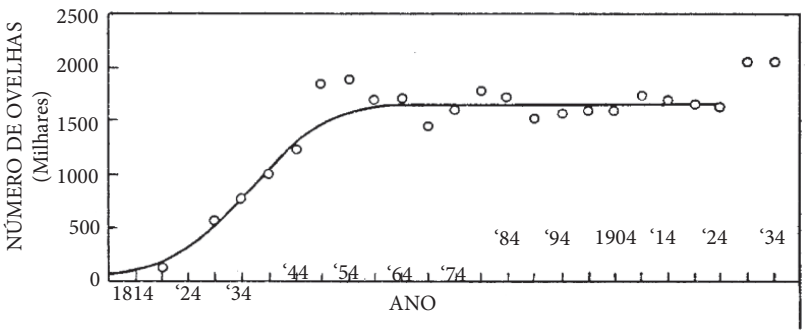
Avançando na prática

Espaço vazio

Descrição da situação-problema

Você é consultor de uma empresa voltada às atividades agropecuárias e está avaliando o crescimento de uma população de ovelhas. Observe agora a Figura 2.16 sobre o crescimento de uma população de ovelhas em um espaço novo.

Figura 2.16 | Crescimento de uma população de ovelhas na Tasmânia



Fonte: adaptada de Odum e Barrett (2008, p. 300).

Agora responda: qual o padrão de crescimento que ocorreu com as ovelhas no ambiente novo no qual elas foram introduzidas? Justifique.

Resolução da situação-problema

A introdução das ovelhas em um novo local condicionou estes organismos a um ambiente temporariamente ilimitado em termos de recursos. Desta forma, verificamos um crescimento exponencial no início da colonização causado justamente por esse fator de disponibilidade de recursos. Em seguida, observa-se uma expansão para além do nível máximo, que não condiz com a capacidade do ambiente e, neste sentido, cai rapidamente até uma condição que permaneça mais constante. Uma terceira etapa foi o estabelecimento da população em torno de 1.700 indivíduos e oscilações entre essa faixa permanentemente. Flutuações acima desta faixa padrão devem ser ocasionadas por variações pontuais (provavelmente ambientais) que são positivas para a população e, assim, aumentam o seu sucesso reprodutivo.

Concluímos, então, que o gráfico apresentado é um exemplo de padrão de crescimento logístico, sendo verificado aumento inicial lento de uma pequena população, seguido por um crescimento mais acelerado e, em seguida, seu tamanho é limitado à medida que sua capacidade biótica é atingida.

Faça valer a pena

1. O seguinte método foi escolhido por um grupo de pesquisadores para estimar uma importante propriedade da população:

( ) Captura de indivíduos de uma população em tempo 1.
( ) Soltura dos indivíduos.
( ) Marcação dos indivíduos.
( ) Separação e contagem de indivíduos marcados e não marcados.
( ) Captura de indivíduos da população em tempo 2.

Qual alternativa apresenta a ordem (numeração) correta de ações dos pesquisadores para realizar esse método de estimativa?

a) 1 - 2 - 3 - 4 - 5.
b) 2 - 3 - 1 - 4 - 5.
c) 1 - 3 - 2 - 5 - 4.
d) 3 - 2 - 1 - 5 - 4.
e) 5 - 2 - 3 - 1 - 4.

2. Existem duas formas principais de se abordar o crescimento populacional em um espaço. De um lado temos a forma de _____, em que todos os descendentes de uma determinada população possuem condições de crescer e se reproduzir em um ambiente com recursos ilimitados; de outro, temos a forma de _____, em que existe um suprimento sustentável de recursos que determina o tamanho da população.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas apresentadas no texto:

a) Crescimento exponencial - crescimento logístico.
b) Crescimento logístico - crescimento exponencial.
c) Crescimento zero - crescimento logístico.
d) Crescimento exponencial - crescimento zero.
e) Crescimento positivo - crescimento negativo.

3. Os métodos para estimar o tamanho populacional a partir de amostras estão cada vez mais confiáveis devido à dedicação de ecólogos e estatísticos para aperfeiçoamento. Neste sentido, analise as seguintes asserções, assinalando V, para verdadeiro, e F, para falso:

1. A estimativa da densidade populacional é necessária, mas é difícil em alguns casos, visto que o tamanho necessário de amostra (número de pontos) para determinar a densidade populacional pode variar.
2. Esforços em conjunto de ecólogos e estatísticos são realizados para desenvolver procedimentos para corrigir erros e, assim, aumentar a confiabilidades destes tipos de estimativas.
3. O censo é um método de estimativa de densidade populacional.

Assinale a alternativa com a sequência correta, de cima para baixo:

a) V - F - F.
b) F - F - V.
c) F - V - F.
d) V - F - V.
e) V - V - F.

Referências

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin. R.; HARPER, John. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CUNHA, Emiliana Gloria Moreira da; AMARO, Lilian Betânia Reis; CARMO, Cristine Costa do. Abordagem histórica do conceito de flutuações populacionais cíclicas – problemática abordada por Elton. **Revista SEBnBIO**, Rio de Janeiro, n. 7, out. 2014. Disponível em: <http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0629-1.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2016.

KAGEYAMA, Paulo Y.; GANDARA, Flávio Bertin; SOUZA, Lina M. Inglez. Consequências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 65-70, dez. 1998. Disponível em: <http://www.ipef.br/PUBLICACOES/stecnica/nr32/cap05.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2016.

ODUM, Eugène P.; BARRETT, Gary W. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

PINTO-COELHO, Ricardo Motta. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SADAVA, David et al. **Vida**: a ciência da Biologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. v. 2.

STARR, Cecie et al. **Biologia**: unidade e diversidade da vida. São Pulo: Cengage Learning, 2012. v. 3.

TILMAN, David. **Resource competition and community structure**. New Jersey: Princeton University Press, 1982.

TOWNSEND, Colin R.; BEGON, Michael; HARPER, John L. **Fundamentos em ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Ecologia de ecossistemas e comunidades

Convite ao estudo

Caro estudante, bem-vindo à terceira unidade do livro didático da disciplina Ecologia e sustentabilidade! As duas unidades anteriores foram fundamentais para que você fosse instruído sobre a temática ecológica e, em seguida, compreendesse conceitos a respeito da estrutura e dinâmica do nível hierárquico de população. Nesta seção, você estudará os últimos dois níveis hierárquicos a serem abordados, que são: comunidade e ecossistema.

Nossa competência técnica, que expressa sucintamente nosso objetivo geral da unidade, será: entender o que é comunidade e ecossistema, bem como suas propriedades e dinâmicas. Esta competência está relacionada a conhecer os três níveis de organização da Ecologia (ecossistemas, comunidades e população) e integrar a temática à sustentabilidade, que é a nossa competência geral do livro didático.

No terceiro contexto de aprendizagem proposto, você deverá imaginar que acaba de ser contratado por uma empresa de consultoria ambiental para o cargo de analista ambiental e durante sua primeira reunião é informado que será responsável pela avaliação de um projeto de recuperação de área degradada que foi realizado pela empresa há alguns anos. Tal projeto objetivou recuperar duas áreas de preservação permanente (nascentes e córregos permanentes com menos de 3 metros de largura) localizadas em propriedades rurais do município. Buscando a melhor forma para apresentar os resultados para seu coordenador, você decide realizar um relatório teórico de acompanhamento de recuperação de área degradada, que será dividido em três partes, sendo elas: avaliação do estado de recuperação efetivo das áreas a partir da análise de dados coletados

nos locais (1ª parte); avaliação de como as diferenças observadas entre as áreas podem interferir no desenvolvimento e evolução de um ecossistema local (2ª parte); e avaliação do ciclo biogeoquímico da água e a recuperação de áreas que estão localizadas em zonas de recarga hídrica (3ª parte).

É fundamental que você reflita: diversidade é uma propriedade do nível hierárquico de comunidade? O que é energia em ecossistemas? O que são ciclos biogeoquímicos?

Para responder a estas e outras perguntas, você verá nesta unidade tópicos importantes relacionados à comunidade e ao ecossistema, analisando suas propriedades e dinâmicas. Também estudará tópicos gerais sobre cadeias alimentares e fluxo de energia, e os ciclos biogeoquímicos. Bons estudos!

Seção 3.1

Comunidades: nível intermediário entre ecossistema e população

Diálogo aberto

Iniciaremos nosso estudo no nível hierárquico de comunidade, que é intermediário entre os níveis de populações e ecossistemas. Teremos três objetivos específicos nesta seção: compreender o que é diversidade, como podemos medi-la e sua importância para o estudo das comunidades; estudar alguns conceitos gerais a respeito da estruturação, complexidade e estabilidade de comunidades; e conhecer o conceito de sucessão ecológica.

Nosso contexto de aprendizagem, apresentado anteriormente, transformou você em um analista ambiental recém-contratado por uma empresa de consultoria ambiental que será responsável pela avaliação de um projeto de recuperação de área degradada que foi realizado pela empresa há alguns anos. Tal projeto objetivou recuperar duas áreas de preservação permanente localizadas em propriedades rurais do município e agora você deve escrever a primeira parte do relatório teórico de acompanhamento de recuperação desta área, que é a avaliação do estado de recuperação efetivo das áreas a partir da análise de dados coletados nos locais.

Previamente, você realizou uma busca na literatura e definiu quais parâmetros são relevantes para se coletar nas áreas e, assim, caracterizá-las. Observe no Quadro 3.1 os parâmetros escolhidos e os dados levantados.

Quadro 3.1 | Valores dos parâmetros da vegetação de áreas de preservação permanente coletados durante monitoramento

Parâmetros da vegetação	Área 1	Área 2
Número de espécies arbóreas	60	35
Equitabilidade	2.1	1,3
Altura média das árvores (metros)	5	3
Diâmetro médio das árvores (centímetros)	15,9	10,2
Número de árvores mortas	24	39
Número de espécies exóticas	1	6
Número de regenerantes (indivíduos por hectare)	80	40

Fonte: elaborada pela autora.

Para cumprir a primeira etapa do seu relatório, você deve agora responder às seguintes perguntas: o que é diversidade? Qual das duas áreas apresenta maior riqueza? Quais dos parâmetros coletados podem ser usados para fazer inferências sobre a complexidade e estabilidade destas áreas? Explique-os.

Para ajudá-lo a responder às perguntas, abordaremos temas muito importantes nessa seção, como: diversidade de espécies, estrutura das comunidade, complexidade e estabilidade nestes ambientes e sucessão ecológica.

Não pode faltar

Para aprofundarmos nosso estudo sobre o nível hierárquico de comunidade, precisamos recordar sua definição. A comunidade é definida como as populações de todas as espécies que vivem e interatuam em uma área específica sob um determinado momento, ou seja, em determinado espaço e tempo. As comunidades podem ser distinguidas facilmente em alguns casos, sobretudo quando ocorre uma mudança brusca no habitat, porém, em outras situações, elas fundem-se pouco a pouco umas com as outras, extinguindo as fronteiras claramente definidas.

Esta dificuldade de delimitar a comunidade também pode surgir, já que ela atua em reciprocidade com o meio físico, pois, embora seja influenciada por ele, também é capaz de alterá-lo de modo característico. Um exemplo são as alterações nas propriedades do solo a partir do aumento do número de espécies na área. Nestes

casos, é possível observar um incremento de matéria orgânica, alterações de pH e nutriente, além de modificações na estrutura.

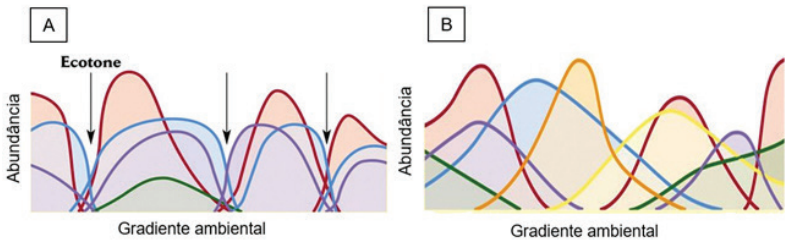
Assim como no nível hierárquico de população, a comunidade possui muitos atributos mensuráveis em campo, como composição específica, diversidade, formas de crescimento, entre outras coisas. Da mesma forma, a comunidade possui propriedades emergentes, como o grande número de espécies (diversidade), os mecanismos homeostáticos, ou seja, estabilidade, entre outras coisas. A fitossociologia contribuiu consideravelmente para os avanços na ecologia de comunidades, pois aprofundou muitos conceitos relacionados à sua estrutura.

A estrutura da comunidade diz respeito aos padrões de composição, riqueza e abundância das espécies que a compõem, que são influenciados por diversos fatores, como: distribuição geográfica, disponibilidade dos recursos, características das populações que nela habitam e força das interações ecológicas e evolutivas que nelas ocorrem. Existem duas teorias que foram fundamentais, e ainda são discutidas, que norteiam o tema de comunidades:

1. Sugerida por Clements, em 1916, popularmente conhecida como "comunidade fechada".

2. Sugerida por Gleason, em 1926, popularmente conhecida como "comunidade aberta". Observe a Figura 3.1, que contém o gráfico referente a cada uma das teorias mencionadas.

Figura 3.1 | (A) Gráficos representativos de uma "comunidade fechada"; (B) Uma "comunidade aberta"



Fonte: Ricklefs (2010, p. 331).

Por meio da leitura dos gráficos, podemos concluir que, em uma comunidade fechada (Figura 3.1A), observamos a formação de comunidades discretas separadas por transições abruptas na composição das espécies ao longo de gradiente no espaço, enquanto que em uma comunidade aberta (Figura 3.1B) as espécies estão distribuídas ao longo de gradientes ou no espaço, independentemente da distribuição das outras espécies.

Após uma breve introdução sobre comunidades, vamos enfocar agora duas propriedades deste nível hierárquico. A primeira propriedade relacionada a estrutura da comunidade é a composição específica, que representa a gama de espécies que compõem determinada comunidade. Para compor adequadamente este atributo, seria necessário levantar e identificar todas as espécies, atividade que não é fácil, em alguns casos até impossível, pois demanda muito trabalho por parte dos ecólogos e da equipe multidisciplinar nos trabalhos de campo.

Reflita

É possível estabelecer uma composição específica de uma comunidade, uma vez que temos populações/espécies que podem ser transitórias, exóticas, introduzidas etc.?

A segunda propriedade é a diversidade ou as diferenças encontradas entre as comunidades. Estudar a biodiversidade (diversidade de vida) é uma área clássica na Ecologia, que busca encontrar as relações quantitativas entre riqueza e abundância das espécies. Para compreendermos melhor este termo, é necessário conhecer alguns conceitos adicionais:

- **Riqueza**: é o número de espécies que compõe a comunidade. Exemplo: florestas tropicais têm maior número de espécies de insetos filófagos do que as florestas temperadas. Ou seja, maior riqueza.

- **Dominância**: refere-se às espécies dominantes que influenciam a estrutura da comunidade, visto que, mesmo que existam muitas espécies, apenas algumas serão mais abundantes. A dominância está ligada às diferenças ecofisiológicas dos organismos.

- **Equitabilidade**: refere-se ao padrão de distribuição de determinados organismos em relação às diferentes espécies.

Simplificadamente, indica se as diferentes espécies possuem abundância (número de indivíduos) semelhante ou divergente. Se encontrarmos uma alta equitabilidade, significará que existe grande homogeneidade numérica na ocorrência das espécies.

Observe a Figura 3.2, que traz exemplos de biodiversidade de espécies animais e vegetais nas florestas brasileiras.

Figura 3.2 | A importância da biodiversidade brasileira: (A) Floresta Atlântica; (B) Primata endêmico brasileiro ou macaco de tufo preto; (C) Bromélia Tillandsia sp em um tronco de árvore

Fonte: (A) <http://www.istockphoto.com/br/foto/atlantic-rain-forest-gm489757218-74831553>; (B) <http://www.istockphoto.com/br/foto/black-tufted-marmoset-endemic-primate-of-brazil-gm590156566-101432847?st=_p_atlantic%20forest>; (C) <http://www.istockphoto.com/br/foto/brazilian-bromeliad-tillandsia-stricta-nivea-in-the-forest-gm591843818-101641471?st=_p_atlantic%20forest>. Acesso em: 28 dez. 2016.

Para calcular os índices de dominância e equitabilidade de uma comunidade, é necessário ter os dados de abundância relativa, ou seja, as proporções relativas das abundâncias das diferentes espécies que compõem a comunidade. Os dados que são produzidos a partir das estimativas de abundância podem ser usados para estabelecer correlação com outros fatores, como alimento, condições climáticas, entre outros. E tal fato passa a ser interessante para fazer previsões sobre as espécies, entretanto, deve-se tomar o devido cuidado para não fazer afirmações que não podem ser fundamentadas cientificamente a partir de uma simples correlação.

Pesquise mais

Como existem outros cálculos importantes para seu conhecimento, como os índices de diversidade, dominância e equitabilidade, sugerimos a seguinte leitura complementar dos capítulos 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 do seguinte livro, que está disponível na Minha Biblioteca:

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2007. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536310978/cfi/0!/4/4@0.00:64.2>. Acesso em: 28 dez. 2016.

Considerando que a comunidade apresenta um funcionamento próprio, o mais importante é analisar o papel de cada uma das populações no conjunto e, neste aspecto, as variações dos atributos mencionados anteriormente (riqueza, dominância e equitabilidade) perfazem a dinâmica da comunidade. As interações entre duas espécies, estudadas na unidade anterior, influem diretamente nas comunidades e também são apontadas por diversos especialistas como fatores-chave na estruturação das comunidades.

A complexidade de uma comunidade fundamenta-se nas interações ecológicas fundamentais que nela são realizadas, principalmente em função da diversidade que o sistema apresenta. Entretanto, outros aspectos também podem demonstrar a complexidade dentro destes ambientes, como diagramas de teia alimentar ou reconhecimento de espécies-chave.

Exemplificando

Uma espécie-chave pode ser definida como uma espécie fundamental em determinada área que monopoliza a disponibilidade e/ou o controle de determinados recursos ao meio. Desta forma, sua retirada pode ser prejudicial.

Estrelas-do-mar, morcegos e vespas já foram determinados por alguns trabalhos como espécies-chave em seus respectivos habitats.

O conceito de complexidade de uma comunidade está intimamente relacionado ao de estabilidade nestes ambientes. A estabilidade originalmente possui muitos significados, mas podemos dizer que ela se refere à manutenção da abundância das espécies (e número de espécies) no tempo mesmo com a constante troca de espécies, estabelecendo um certo "equilíbrio dinâmico" nesses ambientes. A maioria das comunidades mantém-se entre um estado de equilíbrio e não equilíbrio, o que torna o estudo da estabilidade das comunidades um grande desafio para os ecólogos.

A estabilidade é medida ao longo do tempo e possui dois elementos

importantes: a constância, que é a medida da capacidade do sistema em resistir a mudanças em virtude de influências externas, e a resiliência, que se refere à capacidade de um sistema retornar a algum estado de referência após uma perturbação. A resiliência depende de diversos fatores dentro da comunidade, como as taxas de natalidade e mortalidade, além das interações estabelecidas entre as espécies. Observe no Quadro 3.1 os métodos de mensuração da complexidade e estabilidade em comunidades.

Exemplificando

A vegetação campestre geralmente não possui resistência ao fogo, mas é altamente resiliente a este distúrbio. Em contraposto, algumas florestas são resistentes ao fogo, mas quando queimam demoram para se recuperar (baixa resiliência).

A diversidade ajuda as comunidades a retornar de perturbações e, neste sentido, podemos concluir que ela colabora com a manutenção da estabilidade dos ambientes por diversas formas, principalmente por ampliar as vias que compõem. O debate entre diversidade versus estabilidade é um fato relativamente novo na Ecologia e um grande nome frente a esta temática é Elton (1958), que cita diversas evidências para dar suporte à sua teoria.

Assimile

A diversidade é importante na manutenção da estabilidade nas comunidades.

É importante ressaltar que, em um sistema, pode existir mais de um estado estável de referência e, desta forma, ele pode alternar por diferentes estados estáveis em determinado período de tempo. Entretanto, alterar uma comunidade inteira para outro estado estável requer uma perturbação externa mais severa, como a remoção de um fator-chave naquele sistema.

Reflita

O distúrbio é um evento discreto que desordena a estrutura da comunidade, alterando os recursos disponíveis ou o ambiente físico. Na natureza podem ocorrer diferentes tipos de distúrbios. Quais são eles?

Tabela 3.1 | Exemplos de formas de mensuração da complexidade e estabilidade de comunidades naturais

Complexidade	riqueza	número de espécies presentes
	conectância	número de interações tróficas existentes relacionado ao número de interações tróficas possíveis
	força de interação	efeito da densidade de uma espécie na taxa de crescimento de outra espécie
	equitatividade	mede o grau de homogeneidade da distribuição das abundâncias das diferentes espécies
Estabilidade	estabilidade	um sistema é estável se todas as variáveis retornam ao estado de equilíbrio após um distúrbio
	resiliência	rapidez com a qual o sistema retorna ao equilíbrio após um distúrbio
	persistência	o tempo em que uma variável permanece inalterada após um distúrbio
	resistência	o grau de mudança exibido por uma variável após um distúrbio
	variabilidade	qualquer medida de dispersão associada às variações das densidades populacionais no tempo (s, s^2, CV)
Variáveis de interesse	abundância	densidades (número de indivíduos) por unidade de área ou volume
	composição	o catálogo específico das espécies da comunidade
	abundância de um nível trófico	o somatório das densidades de um dado nível trófico

Fonte: adaptada de Pinto-Coelho (2000, p. 91).

Outro exemplo de mudança do estado de uma comunidade é a sucessão ecológica, que pode ser explicada como uma sequência de modificações estruturais e funcionais que ocorrem nas comunidades. O desenvolvimento deste conceito passou por importantes botânicos, como Clements e E. Warming. Em suma, a sucessão pode ser generalizada em um evento em que ocorrem mudanças e flutuações temporais na comunidade no sentido de progressão de ocupação de espaço e aumento de complexidade estrutural do sistema.

Clements (1916 e 1936) pela primeira vez sintetizou o processo sucessional em uma teoria lógica que posteriormente se tornou hegemônica até a metade do século XX. A interpretação de Clements sobre tal evento dizia que a sucessão era um processo universal de desenvolvimento das formações vegetais, sendo altamente ordenado e previsível. Ainda segundo o botânico, a vegetação deveria convergir para um clímax.

Contemporâneo a Clements, Arthur G. Tansley, outro botânico renomado, propôs uma visão mais holística a respeito de alguns apontamentos anteriores. Este debate continua até os dias atuais entre

os especialistas da área de ecologia de comunidades, entretanto, observa-se atualmente uma tendência a buscar uma visão mais holística do processo e menos ordenada/finalística.

Veja agora alguns conceitos que envolvem o processo de sucessão ecológica:

- **Sucessão primária**: processo que ocorre em substratos recém-formados. As modificações causadas direta ou indiretamente pelos organismos pioneiros são muito importantes nele.

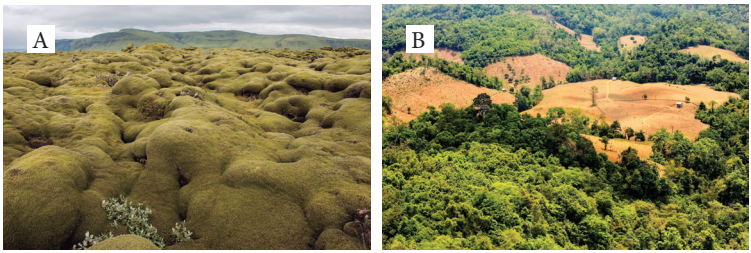
- **Sucessão secundária**: processo de recolonização em comunidades já existentes após a ocorrência de um distúrbio natural ou antrópico.

- **Clímax**: etapa final em que se observa a maior maturidade dentro do processo de sucessão ecológica.

- **Poli-clímax**: indicação de vários estágios finais possíveis dentro de um processo de sucessão para determinada comunidade (proposta por Tansley). Foi proposta contrariamente à opção de monoclímax (proposta por Clements), em que só existiria um estágio final para ser atingido pela comunidade vegetal.

Observe na Figura 3.3 um exemplo de sucessão primária (A) e outro de secundária (B).

Figura 3.3 | Exemplos de cada caso de sucessão: (A) sucessão primária, com crescimento de musgo e pequenas plantas em campo de lava de vulcão; (B) sucessão secundária, com clareiras em uma floresta



Fonte: (A) <http://www.istockphoto.com/br/foto/paisagem-de-campo-de-lava-cobertas-por-musgos-isl%C3%A2ndia-gm518732088-90201489>; (B) <http://www.istockphoto.com/br/foto/sucess%C3%A3o-ou-invas%C3%A3o-de-%C3%A1rvores-em-uma-clareira-gm531245376-93702991>. Acesso em: 28 dez. 2016.

Nota-se que os debates sobre ecologia de comunidades são relevantes para buscar aperfeiçoar a área a partir de novos estudos que podem ou não comprovar teorias que já existem. O importante é

buscar um consenso de visões e perceber que eventos determinísticos ou casuais, as condições e os recursos, juntamente com as interações ecológicas estabelecidas, devem ser considerados importantes na compreensão deste nível hierárquico, conferindo, assim, sua estrutura, dinâmica, complexidade e estabilidade.

Pesquise mais

Para você compreender melhor os estudos fitossociológicos, sugerimos a leitura do seguinte artigo:

FREITAS, W. K. F.; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e Parâmetros para Estudo da Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 520-540, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v19n4/v19n4a15.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2016.

Pesquise mais

Na busca de uma formação adequada sobre ecologia de comunidades, sugerimos a leitura do Capítulo 3, página 469, do livro a seguir, que está disponível na Minha Biblioteca:

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536309545/cfi/0!/4/4@0.00:0.00>. Acesso em: 28 dez. 2016.

Sem medo de errar

Nosso contexto de aprendizagem transformou você em um analista ambiental recém-contratado por uma empresa de consultoria e você foi informado que será responsável pela avaliação de um projeto de recuperação de área degradada realizado há alguns anos. O projeto objetivou recuperar duas áreas de preservação permanente localizadas em propriedades rurais e agora você escreverá a primeira parte do relatório teórico de acompanhamento de recuperação destas áreas, que é sobre a avaliação do seu estado de recuperação efetivo, a partir da análise de dados coletados nos locais. Você realizou uma busca na literatura da área, decidiu coletar alguns dados e os resultados estão representados no Quadro 3.1, apresentado inicialmente na seção. Observe novamente a seguir:

Quadro 3.1 | Valores dos parâmetros da vegetação de áreas de preservação permanente coletados durante monitoramento

Parâmetros da vegetação	Área 1	Área2
Equitabilidade	60	35
Altura média das árvores (metros)	2,1	1,3
Diâmetro médio das árvores (centímetros)	5	3
Número de árvores mortas	15,9	10,2
Número de espécies exóticas	24	39
Número de regenerantes (indivíduos por hectare)	1	6
Número de regenerantes (indivíduos por hectare)	80	40

Fonte: Elaborado pela autora.

Agora vamos responder às seguintes perguntas, cujas resoluções deverão compor a primeira parte do seu relatório: o que é diversidade? Qual das duas áreas apresenta maior riqueza? Quais dos parâmetros coletados pode ser usado para fazer inferências sobre a complexidade e estabilidade destas áreas? Explique-os.

A diversidade pode ser interpretada como as diferenças encontradas entre as comunidades. Entretanto, esta definição pode ser simplista e devemos sempre complementá-la, ressaltando que a diversidade é a relação entre riqueza e abundância das espécies que estão inseridas em uma comunidade. Ao se estudar este atributo, devemos levar em consideração o foco do estudo, por exemplo, se o estudo é sobre mamíferos, descreveremos a diversidade de mamíferos na área. Ou seja, a diversidade geralmente trata de um grupo específico de organismos.

A segunda pergunta refere-se à riqueza. Vamos relembrar primeiramente seu conceito. Riqueza trata-se de um atributo da diversidade que representa o número de espécies que compõe a comunidade. Assim, podemos concluir que, em relação às espécies arbóreas das áreas de preservação permanente, a área 1 é mais rica (60 espécies) do que a área 2 (35 espécies).

A última pergunta questiona quais dos parâmetros coletados podem ser usados para fazer inferências sobre a complexidade e estabilidade destas áreas e solicita uma breve explicação. Com os parâmetros coletados em mente (número de espécies arbóreas,

equitabilidade, altura média das árvores, diâmetro médio das árvores, número de árvores mortas, ocorrência e número de espécies exóticas e número de regenerantes por hectare), vamos retornar ao Quadro 3.1, que nos auxiliará na resposta da questão.

Após ler com atenção o quadro, podemos chegar à conclusão que três parâmetros são pertinentes de serem incluídos no relatório para fazer inferências em relação à complexidade e estabilidade destes ambientes, que são explicados a seguir:

- Riqueza: número de espécies presentes.

- Equitabilidade: mede o grau de homogeneidade da abundância de uma espécie em relação às espécies diferentes presentes no sistema.

- Número de regenerantes por hectare: pode ser considerada como uma medida referente à estabilidade, pois funciona de acordo com a mudança de um parâmetro após um distúrbio.

A compreensão de análises a partir de parâmetros isolados da comunidade é fundamental para, quando necessário interligá-los, gerar um diagnóstico do sistema em questão. Com os dados completos dos ambientes, como lista de espécies (nativas e exóticas), poderíamos compor tal produto adequadamente e, assim buscar, compreender o motivo dos dois ambientes se desenvolverem de maneira diferente.

Avançando na prática

Um método simples de classificação

Descrição da situação-problema

Você, um pesquisador científico, foi encarregado de elaborar uma metodologia de classificação simples para comunidades em áreas rurais do município. O objetivo é que os próprios agricultores pudessem, por meio de caminhadas, observar os principais organismos que estão presentes e, assim, você teria um diagnóstico preliminar local das espécies dominantes sem precisar ir ao campo.

Você orientou os agricultores a preencher o Quadro 3.2, a seguir.

Quadro 3.2 | Organismos presentes nas propriedades

Agricultor/ Propriedade	Espécie vegetal abundante na área	Outras espécies abundantes observadas (vegetal ou animal)	Porcentagem da propriedade coberta por essas características
1/ Sítio João	Capim-gordura	Gado nelore	90%
2/ Sítio Aparecida	Eucalipto sp	Coffea arábica L.	40%
2/ Sítio Aparecida	Arbustos e árvores nativas diversas.	Espécies de capim exóticas	20%

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir desta proposta simplificada de classificação de comunidade, como você descreveria as comunidades que ocorrem nas propriedades rurais 1 e 2? Qual apresenta maior riqueza e maior equitabilidade?

Resolução da situação-problema

A atividade relatada tem o objetivo de assimilar a lógica de classificação de um sistema com base nas características mais dominantes que ocorrem nele. Neste sentido, a classificação é realizada a priori a partir de observações de uma pessoa que não precisa ser especializada na área.

O Sítio João apresenta o capim-gordura como espécie vegetal mais abundante na área. Provavelmente ocorra criação de gado no local e o capim seja destinado à alimentação dos animais. A partir das observações feitas pelo agricultor, podemos deduzir que o ambiente é pobre em número de espécies (riqueza) e que a área é praticamente dominada por uma única espécie, o capim-gordura, que inclusive é exótica. Desta forma, a equitabilidade será baixa na área, uma vez que o número de indivíduos é divergente entre as espécies presentes.

Diferentemente do contexto apresentado anteriormente, o Sítio Aparecida apresenta um complexo misto de ambientes. A maior parte da propriedade é composta por *Eucaliptos sp* e plantações de café, entretanto, o agricultor foi capaz de indicar a presença de árvores e arbustos nativos e espécies de capim exóticas em uma parte expressiva da propriedade. Neste contexto, podemos definir que tal propriedade apresenta mais riqueza, menor dominância de espécies e, consequentemente, maior equitabilidade.

E, para finalizar, uma vez que a complexidade de uma comunidade fundamenta-se nas interações ecológicas fundamentais que nela são realizadas, podemos deduzir que o sistema encontrado no Sítio Aparecida possui maior complexidade.

Faça valer a pena

1. A estrutura é importante para caracterizar uma comunidade. Neste sentido, observe as seguintes afirmações:

I. A comunidade é influenciada pelo meio físico, da mesma forma que também é capaz de alterá-lo de modo característico.

II. "As interações ecológicas não interferem nas características em relação à comunidade e, desta forma, sua análise não é importante neste nível".

III. A fitossociologia contribuiu consideravelmente para os avanços na ecologia de comunidades.

Estão corretas as afirmações:

a) I, apenas.
b) II, apenas.
c) III, apenas.
d) I e II, apenas.
e) I e III, apenas.

2. Existem duas teorias que foram fundamentais, e ainda são discutidas, que norteiam o tema de comunidades. Uma delas é denominada comunidade _____, em que as espécies estão _____ ao longo de gradientes ou no espaço _____ da distribuição das outras espécies. Qual das alternativas relaciona corretamente as palavras para preencher as lacunas do texto?

a) Aberta; distribuídas; independentemente.
b) Fechada; dependentes; independentemente.
c) Aberta; distribuídas; dependentes.
d) Fechada; independentes; dependentes.
e) Aberta; independentes; independentemente.

3. A diversidade possui um papel importante no nível hierárquico de comunidade, pois, além de um atributo mensurável, é ligada à sua estabilidade. Neste sentido, observe as seguintes afirmações, assinalando V, para verdadeiro, e F, para falso:

I. A diversidade ajuda as comunidades a retornarem de perturbações.

II. A diversidade estuda as semelhanças encontradas entre as comunidades.

III. A diversidade busca encontrar as relações quantitativas entre riqueza e abundância das espécies.

Assinale a alternativa com a sequência correta, de cima para baixo:

a) F; F; V.
b) V; F; V.
c) F; V; V.
d) V; V; F.
e) F; V; F.

Seção 3.2

Ecossistemas: alguns conceitos

Diálogo aberto

Caro estudante, vamos continuar o nosso processo de construção de conhecimento para entendermos o que é comunidade e ecossistemas, bem como suas propriedades e dinâmicas. O estudo do nível hierárquico de comunidade, na Seção 3.1, demonstrou como a complexidade do sistema aumenta a partir do momento que não focamos o estudo apenas em uma população e, sim, no conjunto delas. Nesta seção, iniciaremos o estudo do último principal nível hierárquico de organização ecológica: o ecossistema. Nosso objetivo geral será: compreender o que é desenvolvimento e evolução de ecossistemas, e aprender os principais conceitos acerca do tema de cadeias alimentares e fluxo de energia.

Primeiramente, vamos relembrar o contexto de aprendizagem da unidade, em que você foi contratado por uma empresa de consultoria ambiental para o cargo de analista ambiental e está responsável pela avaliação de um projeto de recuperação de áreas degradadas que foi realizado há alguns anos. Tal projeto objetivou recuperar duas áreas de preservação permanente (nascentes e córregos permanentes com menos de 3 m de largura) localizadas em propriedades rurais do município. Buscando a melhor forma para apresentar os resultados para seu coordenador, você decide realizar um relatório teórico de acompanhamento de recuperação de área degradada e, nesta seção, focará na segunda parte do documento, que é avaliar como as diferenças observadas entre as áreas podem interferir no desenvolvimento e na evolução de um ecossistema local. Além dos dados dos parâmetros da vegetação (Tabela 3.1; Seção 3.1), você tem agora uma listagem de animais que estão presentes nos dois ambientes a partir da observação rápida e do registro fotográfico de grupo de trabalho de fauna, sendo eles: gafanhoto, sapo, piolho-de-cobra, ave de rapina, cobra, bem-te-vi, gato-do-mato, minhoca (área

1); cobra, ave de rapina, sapo, camundongo, gafanhoto, minhoca (área 2).

As seguintes perguntas deverão ser respondidas para cumprir as expectativas desta segunda etapa: qual ecossistema (área) está mais desenvolvido? Justifique. Como a vegetação pode influenciar os níveis tróficos do ecossistema? Construa as teias alimentares exploratórias a partir dos registros realizados em ambas as áreas. Para ajudá-lo a cumprir esta etapa, veremos os seguintes temas nesta seção: organização, desenvolvimento e evolução de ecossistemas, cadeias alimentares e fluxo de energia.

Bons estudos!

Não pode faltar

Na seção anterior estudamos a comunidade ecológica e, resumidamente, além de conhecer sobre as propriedades deste nível hierárquico, compreendemos que ele possui complexidade e estabilidade e está intimamente ligado às relações ecológicas estabelecidas entre os organismos nele presentes. A partir de agora, focaremos nos organismos e, também, no ambiente físico do sistema estudado, que interagem por meio de um fluxo unidirecional de energia e um ciclo de matéria (nutrientes). Sendo assim, ingressaremos no escopo pertinente ao nível hierárquico de ecossistemas.

Assimile

O escopo pertinente ao nível hierárquico de ecossistema inclui, além do estudo dos organismos e do ambiente físico do sistema, a interação do contexto por meio de um fluxo unidirecional de energia e um ciclo de matéria (nutrientes).

O conceito de ecossistemas foi definido na primeira unidade deste livro didático, mas vamos agora recordá-lo: uma ou várias comunidades de diferentes espécies que, além de interagirem entre si, fazem-no com o ambiente não vivo ou físico (fatores abióticos). O ecossistema é a unidade funcional básica da área ecológica, uma vez que abrange tanto a comunidade (organismos vivos) quanto os ambientes (componentes abióticos), sendo que cada um deles influencia as propriedades do outro e é fundamental para a manutenção da vida na Terra. Observe a Figura 3.4, que apresenta dois exemplos de ecossistema.

Figura 3.4 | Exemplo de ecossistemas encontrados na Terra: (A) ecossistema aquático (lagoa); (B) ecossistema terrestre (savana africana)

Fonte: (A) <http://www.istockphoto.com/br/foto/waterlily-landscape-gm579427390-99664557?st=_p_ecossistema>; e (B) <http://www.istockphoto.com/br/foto/dois-cheetah-caminhada-no-savannah-ca%C3%A7a-gazelle-gm485488054-72441849?st=_p_ecossistema>. Acesso em: 28 dez. 2016.

Até o momento, estudamos de forma compartimentada os fenômenos ecológicos complexos (dinâmica e estrutura populacional, interações ecológicas intra e interespecíficas etc.), condição que possibilitou o entendimento de alguns conceitos pertinentes às escalas biológicas. Estas escalas representam a amplitude nas quais os fenômenos ecológicos podem ocorrer, que vai desde o nível de indivíduo até o nível de ecossistema. Entretanto, muitos destes fenômenos podem interferir nos níveis hierárquicos seguintes, estabelecendo as propriedades coletivas e, em um segundo momento, as propriedades emergentes, como vimos na primeira unidade do livro didático.

Até o momento foi relativamente fácil separar a parte estrutural ou dinâmica de um nível hierárquico de organização ecológica e apresentar as respectivas definições necessárias. Todavia, este tipo de abordagem não é mais tão fácil no nível hierárquico de ecossistemas, pois muitas variáveis estão envolvidas. Afinal, une-se o indivíduo, a população, a comunidade e o ambiente físico em uma mesma unidade.

Exemplificando

Em termos ecológicos, a estrutura refere-se aos parâmetros que caracterizam espécie, população, comunidade etc., ou seja, o grupo que é foco do estudo. Enquanto a dinâmica refere-se às mudanças destes parâmetros em relação ao tempo e espaço.

Faça você mesmo

Busque na internet ou em livros didáticos exemplos de estudos que façam inferências a mais de um nível hierárquico de organização ecológica. Para orientá-lo, segue um exemplo de artigo:

SOUZA, M. C. S. et al. Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. **Revista Floresta**, v. 46, n. 1, 2016. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/34991/27772>. Acesso em: 28 dez. 2016.

Simplificadamente, podemos dizer que a estrutura e dinâmica dos ecossistemas são condicionadas pelas características abióticas do sistema, seus componentes biológicos, bem como as interações entre os componentes bióticos e abióticos. Todos estes fatores determinam que cada ecossistema tenha uma plasticidade e variabilidade característica. Um segundo aspecto que os ecólogos buscam estudar neste nível hierárquico é em relação ao seu funcionamento que, de acordo com Odum (1971), pode ser analisado sob diferentes propriedades, tais como os circuitos de energia, as cadeias alimentares, a diversidade de padrões no tempo e no espaço, os ciclos biogeoquímicos, o desenvolvimento e evolução, e o controle de ecossistemas.

Como exemplo da interligação entre os níveis hierárquicos de organização, podemos usar a sucessão ecológica vista na seção anterior. Em um primeiro momento ela foi apresentada no nível hierárquico de comunidade, pois é em grande parte resultado da ação da comunidade para gerar as mudanças no sistema. Todavia, se avaliarmos que tais mudanças interferem diretamente nos fatores físicos do meio (solo, clima, entre outros), tal fenômeno ecológico pode representar o desenvolvimento e a evolução de um ecossistema. Observe no Quadro 3.3 as fases de um processo de sucessão primária, com ênfase nas modificações em nível hierárquico de população, comunidade e ecossistema.

Quadro 3.3 | Alguns exemplos de atributos e as modificações esperadas para ecossistemas em desenvolvimento e que já estão mais maduros

	Ecossistema em desenvolvimento	**Ecossistema maduro**
População		Grande
Tamanho do indivíduo	Pequeno	
Regulação do tamanho populacional	A partir de fatores abióticos	A partir de fatores bióticos (dependente de densidade)
Ciclo de vida	Curto/simples	Longo/complexo
Crescimento	Rápido e com alta mortalidade	Lento e com maior capacidade de sobrevivência mesmo com competição
Produção	Quantidade	Qualidade
Flutuações da população	Menor evidenciada	Menor evidenciada
Comunidade		
Heterogeneidade espacial	Pouca	Muita
Diversidade	Baixa	Alta
Matéria orgânica	Baixa	Alta
Ecossistema		
Ambiente	Grande	Estável e relativamente previsível
Cadeia alimentar	Linear (simples)	Rede (complexa)

Fonte: adaptado de Odum (1971, p. 331).

O quadro anterior cita exemplos de mudanças em nível de população, comunidade e sistema durante o desenvolvimento de um ecossistema. Por exemplo, na primeira linha, relacionada ao tamanho do indivíduo, temos predominantemente menores tamanhos em ecossistemas que estão em desenvolvimento. Por meio dos apontamentos expostos no Quadro 3.3, percebemos que muitos eventos relacionados individualmente, como a estrutura e a dinâmica, ocorrem paralelamente dentro de níveis hierárquicos de organização diferentes. Neste sentido, é fundamental que você assimile este contexto e passe a integralizar temas que antes foram abordados individualmente.

Pesquise mais

Para saber mais a respeito de conceitos gerais em relação aos ecossistemas, sugerimos a leitura do Capítulo 2 do livro a seguir:

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1982. Disponível em: <https://ferdesigner.files.wordpress.com/2010/11/fundamentos-de-ecologia-odum.pdf >. Acesso em: 28 dez 2016.

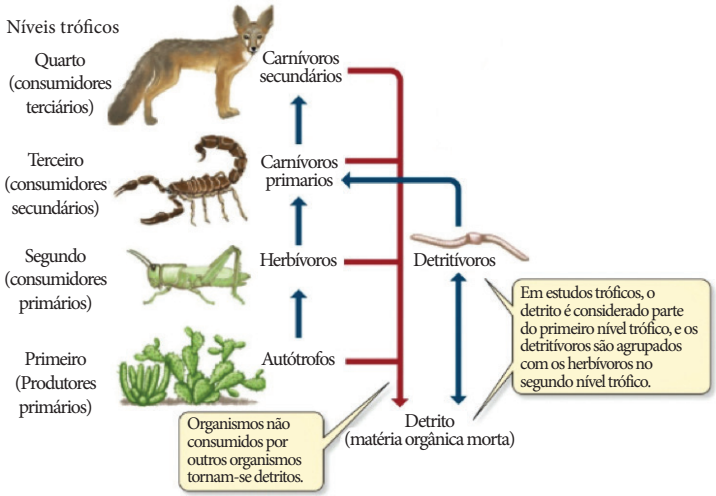
Após este esclarecimento e direcionamento em relação à interligação dos níveis hierárquicos de organização ecológica, vamos focar em dois tópicos caracteristicamente abordados como pertinentes ao nível de ecossistemas: ciclo de matéria e fluxo de energia.

A rota alimentar estabelecida dentro dos ecossistemas está intimamente relacionada a ambos os tópicos, ciclo de matéria e fluxo de energia, e pode ser estudada/representada das seguintes formas pelos pesquisadores: cadeias alimentares, teias tróficas, pirâmides energéticas, matrizes tróficas e fluxo trófico-dinâmico. Neste momento, vamos enfocar as três primeiras formas de estudo, que são mais comuns e menos complexas, para assimilar os conceitos necessários acerca deste tema.

Mas, afinal, você sabe o que são níveis tróficos? São as posições alimentares de grupos de organismos em determinado ecossistema. Este conceito é fundamental para estabelecer a rota alimentar dentro de um ambiente. Desta forma, observe na Figura 3.5 o exemplo de um esquema trófico de organismos de deserto.

Na imagem, cada nível trófico (grupo alimentar) é formado a partir do número de passos que os separa dos seres autótrofos. Os autótrofos são o primeiro grupo trófico, organismos primários que geram energia química a partir da luz solar e compostos químicos inorgânicos. O segundo nível trófico é composto pelos herbívoros e o terceiro, pelos carnívoros. Todos os organismos ou são consumidos ou acabam como detritos no ambiente. Os detritos podem ser alocados no primeiro nível trófico e os detritívoros no segundo.

Figura 3.5 | Representação de um esquema trófico de organismos que vivem no deserto



Fonte: Cain, Bowman e Hacker (2011, p. 455).

Após a definição de níveis tróficos, a **cadeia alimentar** é tida como a representação mais simples possível de uma sequência de eventos de comer/ser comido. E existem basicamente dois tipos de cadeias alimentares:

- Pastoreio, que envolve principalmente a atividade de pastoreio de um herbívoro.

- Detritívora, que envolve principalmente o consumo de material vegetal morto pelos detritívoros.

Exemplificando

Ficou confuso? Veja os exemplos a seguir:

Exemplo de cadeia alimentar do tipo pastoreio em um ambiente aquático:

fitoplâncton -> zooplâncton -> peixes

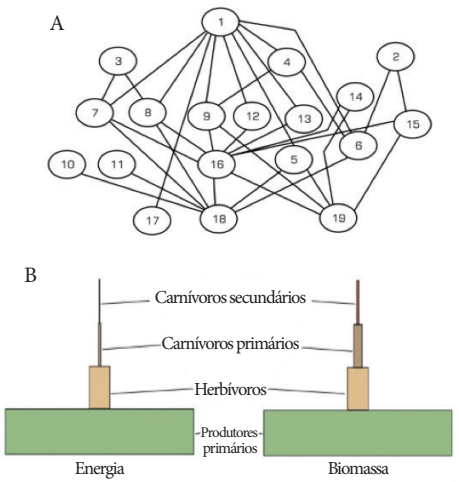
Exemplo de uma cadeia alimentar do tipo detritívora em um ambiente terrestre:

árvore -> serapilheira -> organismos do solo

Já as **teias alimentares** compreendem um diagrama de relação alimentar (conexão entre organismos) mais complexa entre os níveis tróficos e, neste sentido, é uma situação mais próxima da realidade que ocorre naquele ecossistema. As teias alimentares possuem vários atributos, como o número de espécies na teia (S), a densidade de ligações (D) ou número de ligações tróficas associada a cada espécie e espécie trófica, entre outros.

Uma outra possibilidade é a elaboração das **pirâmides ecológicas**, que basicamente são retângulos sobrepostos eficientes para demostrar as relações tróficas de forma mais simplificada se comparada a uma teia alimentar. Existem vários tipos de pirâmides e estas se diferenciam por serem construídas com dados diferentes, como densidade, biomassa ou energia. Observe a Figura 3.6, que apresenta o exemplo de uma teia alimentar e pirâmide ecológica de um ecossistema terrestre. As pirâmides de biomassa e energia em ecossistemas terrestres são similares, pois estes dois atributos estão intimamente relacionados.

Figura 3.6 | Formas de representar as relações alimentares entre organismos de um ecossistema: (A) diagrama de teia alimentar; (B) pirâmides ecológicas (ecossistema terrestre)



Fonte: adaptada de Pinto-Coelho (2000, p.150) e Cain, Bowman e Hacker (2011, p. 457).

A teia alimentar apresentada na Figura 3.6 é complexa, apresenta um total de 19 espécies, sendo as espécies basais (organismos que não se alimentam de nenhuma outra espécie, produtores primários) a 17, 18 e 19 e o predador de topo (espécie que não é predada por nenhum

predador na rede onde se alimenta) a 1. Várias outras informações poderiam ser extraídas desta rede, como o número mínimo e máximo de relações tróficas entre as espécies da rede, entre outras. As duas pirâmides ecológicas apresentadas correspondem à energética (energia é conceito unificador dos ecossistemas) e à de biomassa (não considera o acúmulo de biomassa ao longo do tempo). Recorde-se que a energia é, simplificadamente, representada como a capacidade de realizar trabalho por parte de um organismo e, neste caso, os organismos utilizam a energia química após a transformação realizada pelas plantas. Já a biomassa ou massa biológica é a quantidade de matéria orgânica produzida por determinada área, organismo etc.

Reflita

Comparar ecossistemas diferentes é um dos objetivos dos pesquisadores no mundo todo. A partir desta informação, as pirâmides ecológicas podem ser uma alternativa para comparar ecossistemas, principalmente a energética. Você poderia explicar por quê?

Dentre os controles interativos que podem determinar o número de níveis tróficos em um ecossistema, temos limitações de dispersão, total de energia que entra em um sistema por meio da produção primária e frequência de distúrbios e outros agentes de mudança.

Pesquise mais

Leituras complementares são importantes para assimilar o conteúdo desenvolvido no livro didático e adicionar conteúdo à proposta inicial de estudo. Desta forma, sugerimos a leitura dos capítulos 13, 14, 15 e 16 do livro didático apresentado a seguir, disponível em Minha Biblioteca:

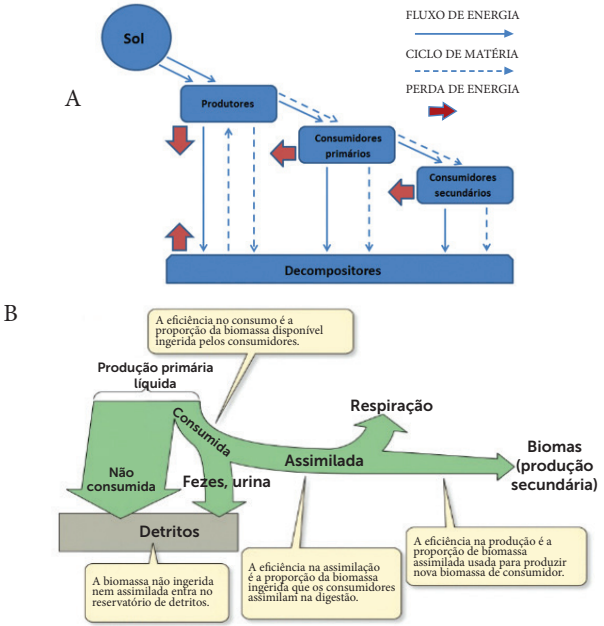
PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2000. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536310978/cfi/0!/4/2@100:0.00>. Acesso em: 28 dez. 2016.

A Terra possui um sistema fechado em relação à matéria atômica, ou seja, temos um ciclo em que os organismos (componente biótico) são sequencialmente consumidos até sua morte e em seguida são decompostos, e sua matéria é incorporada no ambiente (componente abiótico) novamente. Entretanto, não existe um ciclo para a energia no

ecossistema, ou seja, ela é constantemente perdida.

O caminho da energia em um ecossistema é um caminho de mão única (unidirecional), estabelecido por meio dos níveis tróficos, pois existe uma transferência de quantidade de energia de um nível para o próximo que depende da qualidade e quantidade do alimento e da fisiologia do consumidor (herbívoro, carnívoro etc.). A transformação (conversão) da energia luminosa para energia química (única modalidade de energia utilizável pelas células de todos os componentes de um ecossistema) é feita a partir de um processo denominado "fotossíntese". Portanto, a fotossíntese é o único processo de entrada de energia em um ecossistema natural. Observe a Figura 3.7, que demonstra um esquema geral do ciclo de matéria e fluxo de energia e um esquema que mostra fatores relacionados à eficiência de assimilação da energia por parte dos organismos (eficiência trófica, quantidade de energia de um nível trófico dividida pela quantidade de energia do nível trófico anterior).

Figura 3.7 | Representações do ciclo de matéria e fluxo de energia: (A) esquema geral do ciclo de matéria e fluxo de energia em ecossistemas naturais; (B) eficiência trófica



Fonte: adaptada de Cain, Bowman e Hacker (2011, p. 459).

O fluxo de energia no sistema é gerido pela segunda lei da termodinâmica, que diz: em qualquer processo de transferência de energia, parte dela é perdida devido à tendência rumo ao aumento da desordem do sistema (entropia). A eficiência energética (saída de energia por unidade que entra) é o estudo da transferência de energia entre os níveis tróficos.

Alguns pontos em relação aos ciclos de matéria e fluxo de energia são importantes e estão relacionados aos níveis hierárquicos vistos anteriormente. Veja dois exemplos. O primeiro afirma que a mudança na abundância de organismos de um nível trófico pode influenciar o fluxo de energia de vários outros níveis tróficos. Tal afirmação é pertinente e indica que mudanças em nível de população e comunidades podem interferir em características do ecossistema. Por exemplo, o aumento de um carnívoro especialista de quarto nível trófico poderia resultar em uma série de mudanças nos níveis tróficos a seguir até culminar no aumento de produtividade primária líquida (PPL) e em possíveis mudanças na abundância e na composição das espécies do primeiro nível trófico.

Outro exemplo muito interessante é a possibilidade de que teias alimentares mais complexas são mais estáveis que outras menos complexas. Se levarmos em consideração que as teias alimentares são formadas por populações de organismos vivos, podem ser pertinente alguns conceitos em nível de comunidade, como a questão de complexidade e estabilidade, que foi abordada na seção anterior. Uma teia alimentar menos estável significa um maior potencial para extinção das espécies que a compõem, é um tema muito importante, principalmente frente às crescentes taxas de perda de biodiversidade e invasão de espécies exóticas no mundo.

Pesquise mais

A temática sobre o ciclo de matéria e fluxo de energia é importante e necessita de aprofundamento teórico a partir da leitura complementar dos capítulos 17, 18 e 20 do livro a seguir, disponível em Minha Biblioteca:

BEGON, M., TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos** a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536309545/cfi/0!/4/2@100:0.00>. Acesso em: 28 de. 2016.

Sem medo de errar

Nosso contexto de aprendizagem transformou você em um analista ambiental recém-contratado por uma empresa de consultoria ambiental. Em sua primeira reunião, foi informado que será responsável pela avaliação de um projeto de recuperação de área degradada que foi realizado pela empresa há alguns anos. Tal projeto objetivou recuperar duas áreas de preservação permanente localizadas em propriedades rurais do município e agora deve escrever a segunda parte do documento de acompanhamento de recuperação desta área, que é avaliar como as diferenças observadas entre as áreas podem interferir no desenvolvimento e evolução de um ecossistema local. Para ajudar, vamos retomar o Quadro 3.1, com os parâmetros de vegetação das duas áreas de estudo.

Quadro 3.1 | Valores dos parâmetros da vegetação de áreas de preservação permanente coletados durante monitoramento

Parâmetros da vegetação	Área 1	Área 2
Número de espécies arbóreas	60	35
Equitabilidade	2.1	1,3
Altura média das árvores (metros)	5	3
Diâmetro médio das árvores (centímetros)	15,9	10,2
Número de árvores mortas	24	39
Número de espécies exóticas	1	6
Número de regenerantes (indivíduos por hectare)	80	40

Fonte: elaborado pela autora.

Adicionalmente, a listagem de animais que foram observados nos dois ambientes a partir da observação rápida e registro fotográfico de grupo de trabalho de fauna foi obtida, sendo ela:

- Área 1: ave-de-rapina (1); gato-do-mato (2); cobra (3); sapo (4); bem-te-vi (5); gafanhoto (6), piolho-de-cobra (7); e minhoca (8).

- Área 2: ave-de-rapina (1); cobra (2); sapo (3); camundongo (4); gafanhoto (5); e minhoca (6).

A partir do estudo do livro didático, vamos focar nas seguintes perguntas para concluir a segunda etapa do relatório: qual

ecossistema (área) está mais desenvolvido? Justifique. Como a vegetação pode influenciar os níveis tróficos do ecossistema? Construa as teias alimentares exploratórias a partir dos registros realizados em ambas as áreas.

O desenvolvimento e a evolução de um ecossistema podem ser expressos como as mudanças no decorrer do tempo para que um sistema possua as condições necessárias que o enquadrariam neste nível hierárquico de organização ecológica, ou seja, possua uma comunidade de organismos que interaja com o meio físico por meio de um ciclo de matéria e fluxo de energia. Neste sentido, podemos considerar mais desenvolvido aquele ecossistema que apresentar características mais próximas de um ecossistema maduro.

A partir disso, façamos algumas observações gerais a respeito das áreas 1 e 2. A primeira área, em comparação à segunda, apresenta maior diversidade de espécies arbóreas e maior quantidade de produto lenhoso/biomassa, pois as árvores são maiores. Apresenta menor mortalidade e menor número de espécies exóticas. Desta forma, podemos concluir que a primeira área está mais desenvolvida que a segunda.

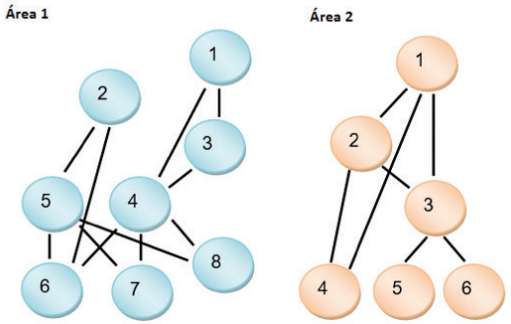
A segunda pergunta questiona a influência da vegetação nos níveis tróficos do ecossistema. A sua resposta depende da compreensão adequada que a única fonte de energia externa, em um ecossistema natural, é o sol que possibilita a transformação (conversão) da energia luminosa para energia química pelas plantas (e algas). Neste sentido, ecossistemas com menor quantidade de plantas poderão ser limitados devido ao total de energia que entra no sistema por meio da produção primária. Como o fluxo de energia é unidirecional e, na passagem de nível trófico, parte dessa energia é perdida, esse ecossistema não teria muita energia para disponibilizar aos próximos níveis tróficos.

A última tarefa solicita a construção de uma teia alimentar das espécies observadas nas áreas. Neste sentido, veja os diagramas a seguir:

- Área 1: ave-de-rapina (1); gato-do-mato (2); cobra (3); sapo (4); bem-te-vi (5); gafanhoto (6), piolho-de-cobra (7); e minhoca (8).

- Área 2: ave-de-rapina (1); cobra (2); sapo (3); camundongo (4); gafanhoto (5); e minhoca (6).

Figura 3.8 | Teia alimentar as áreas de projeto de recuperação: área 1 (azul) e área 2 (vermelho)



Fonte: elaborada pela autora.

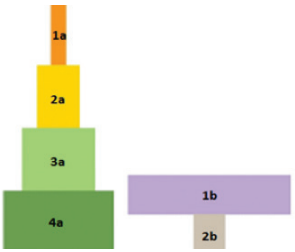
Avançando na prática

O estudo de pirâmides tróficas

Descrição da situação-problema

Você foi contratado por uma empresa de consultoria ambiental e coletou dados de números de indivíduos por nível trófico em um ambiente terrestre e de biomassa em um ambiente aquático e inseriu os dados em um programa para gerar as pirâmides tróficas dos respectivos ambientes. Tendo conhecimento que, em ambientes aquáticos, devido à alta produtividade, um baixo número de fitoplâncton pode prover uma grande quantidade de zooplâncton, observe os dois tipos de pirâmides formadas, nomeie qual pirâmide é do ambiente terrestre e qual é do ambiente aquático e identifique os níveis tróficos em produtores e consumidores (primários, secundários, terciários, e assim por diante).

Figura 3.9 | Pirâmides geradas por grupo de estudantes durante atividade educativa



Fonte: elaborada pela autora.

Resolução da situação-problema

As pirâmides tróficas são representações a partir de retângulos sobrepostos dos níveis alimentares encontrados em um ecossistema. A partir da informação exposta no enunciado, podemos considerar que na pirâmide de biomassa do ambiente aquático o número de produtores será maior que o de consumidores primários. Neste sentido, a pirâmide B é do ambiente aquático e apresenta dois níveis tróficos: produtores (2b) e consumidores primários (1b). E a pirâmide A é do ambiente terrestre e possui quatro níveis tróficos: produtores (4a), consumidores primários (3a), consumidores secundários (2a) e consumidores terciários (1a).

Faça valer a pena

1. O ecossistema é a unidade _____ básica da área ecológica, uma vez que abrange tanto a comunidade (_____) quanto os ambientes (_____), sendo que cada um deles _____ as propriedades do outro e é fundamental para a manutenção da vida na Terra.
Qual das alternativas possui as palavras corretas para preencher as lacunas no texto?
a) Estrutural; organismos vivos; componentes abióticos; prejudica.
b) Funcional; componentes abióticos; organismos vivos; influencia.
c) Funcional; organismos vivos; componentes abióticos; influencia.
d) Funcional; componentes abióticos; organismos vivos; prejudica.
e) Estrutural; organismos vivos; componentes abióticos; influencia.

2. Em relação à estrutura e dinâmica do ecossistema, leia as seguintes afirmações:
I. A estrutura e dinâmica de ecossistema são simples e não estão relacionadas a níveis hierárquicos de organização ecológica anterior.
II. Cada ecossistema tem uma plasticidade e variabilidade características.
III. A estrutura e dinâmica dos ecossistemas são condicionadas pelas características abióticas do sistema, seus componentes biológicos, bem como as interações entre os componentes bióticos e abióticos.
Estão corretas as afirmações:
a) I, apenas.
b) II, apenas.
c) III, apenas.
d) I e II, apenas.
e) II e III, apenas.

3. Em um primeiro momento, o fenômeno de _____ foi apresentado no nível hierárquico de comunidade, pois é, em grande parte, resultado da ação da comunidade para gerar as mudanças no sistema. Todavia, se avaliarmos que tais mudanças interferem diretamente nos fatores físicos do meio, tal fenômeno ecológico pode representar o desenvolvimento e a evolução de um ecossistema.

Qual alternativa apresenta o nome correto do fenômeno descrito no texto?

a) Sucessão florestal.

b) Evolução populacional.

c) Crescimento populacional.

d) R estrategista.

e) K estrategista.

Seção 3.3

Estudo dos ciclos biogeoquímicos

Diálogo aberto

Caro estudante, chegamos ao final da terceira unidade deste livro didático. Até o momento, relembramos o conceito dos níveis hierárquicos de comunidade e ecossistema, e abordamos algumas características relevantes referentes a eles. Percebemos que a complexidade para compreender estes níveis é maior se comparada ao nível hierárquico de população.

Nesta seção, continuaremos estudando o nível hierárquico de ecossistema e enfocaremos o estudo dos ciclos biogeoquímicos. Desta forma, seu objetivo de aprendizagem é: compreender o que é um ciclo biogeoquímico e sua importância, e conhecer sucintamente os ciclos do carbono, nitrogênio e água. Você poderá adquirir a competência técnica de entender o que é comunidade e ecossistema, bem como suas propriedades e dinâmicas.

Recorda-se do contexto de aprendizagem dessa unidade? Você é um analista ambiental recém-contratado de uma empresa e está responsável pela avaliação de um projeto de recuperação de área degradada que foi realizado pela empresa há alguns anos. Esse projeto objetivou recuperar duas áreas de preservação permanente localizadas em propriedades rurais do município. Buscando a melhor forma para apresentar os resultados a seu coordenador, você está realizando um relatório teórico de acompanhamento de recuperação desta área. Até o momento, foram realizadas a primeira e segunda parte do relatório, que compreenderam, respectivamente, a avaliação do estado de recuperação efetivo das áreas a partir da análise de dados coletados nos locais e a avaliação de como as diferenças observadas entre as áreas podem interferir no desenvolvimento e na evolução de um ecossistema local. Para finalizar seu trabalho, você deverá focar agora na terceira etapa, que é a avaliação do ciclo biogeoquímico da água nas áreas que foram recuperadas.

Portanto, responda às seguintes questões: o que são ciclos biogeoquímicos? Qual a relação do ciclo hidrológico e a ocorrência de vegetação natural? É possível afirmar que uma das áreas está contribuindo melhor para o ciclo hidrológico? Por quê?

Para responder às questões, estudaremos os ciclos biogeoquímicos e enfocaremos detalhadamente os seguintes temas: ciclo do carbono, do nitrogênio e da água. Para finalizar, discutiremos a importância dos ciclos biogeoquímicos para a população e o ambiente.

Não pode faltar

Nossa base teórica foi enriquecida nas seções anteriores dessa unidade, a respeito dos conceitos de comunidades, em que verificamos que a interação ecológica entre os organismos exerce papel fundamental para determinar a estrutura e dinâmica deste nível hierárquico. Em seguida, após o estudo de ecossistemas, aprendemos que a terra é um sistema fechado em relação à matéria atômica e um sistema aberto em relação à energia.

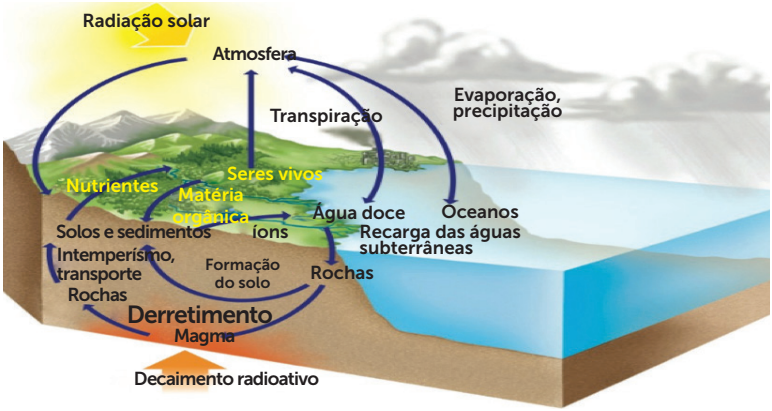
A necessidade de elementos químicos específicos para os organismos satisfazerem as demandas de metabolismo e crescimento está intimamente relacionada às teias tróficas (vistas na seção anterior), uma vez que os organismos captam esses elementos por absorção do ambiente (plantas) ou pelo consumo de outros organismos (consumidores e detritívoros).

Neste sentido, precisamos ampliar nossa visão e considerar que, devido à energia solar e à energia da decomposição radioativa (responsável pelo derretimento da lava no interior do planeta), observamos uma orientação nos processos de movimentos dos materiais dentro do planeta Terra. Muitos dos processos que observamos neste nível hierárquico (ecossistemas) são cíclicos e, neste sentido, passam por "compartimentos" encontrados, que são: atmosfera, água doce, água salgada (oceanos) e terra. Observe a Figura 3.10, em que os compartimentos do ecossistema são detalhados.

Assimile

Os compartimentos atmosfera, água doce, água salgada (oceanos) e Terra relacionam-se por meio de processos cíclicos que ocorrem em nosso planeta.

Figura 3.10 | Pirâmides geradas por grupo de estudantes durante atividade educativa



Fonte: Sadava et al. (2009, p. 408).

Em relação aos compartimentos, algumas considerações são fundamentais, pois eles não possuem o mesmo comportamento. A partir da camada superficial de água e dos rios, os oceanos recebem material do ambiente e ainda realizam trocas com a atmosfera, por isso compreender as zonas de ressurgência e o movimento da água no oceano é tão importante. Os lagos, rios e águas subterrâneas compõem o compartimento da água doce, e os nutrientes presentes neste local podem ser trazidos pela água da chuva ou pelo intemperismo das rochas. A atmosfera possui uma composição definida (78,08% de nitrogênio, 20,95% de oxigênio, 0,93% de argônio e 0,03% de dióxido de carbono), além de traços de outros elementos que circulam principalmente na troposfera, mas que podem entrar na estratosfera através da zona de convergência intertropical. E, para finalizar, o ambiente terrestre obtém nutriente elementar principalmente do solo, mas está conectado aos demais compartimentos.

Denominamos "biogeoquímico" o estudo dos fatores físicos, químicos e biológicos que influenciam os movimentos e as transformações dos elementos essenciais que estarão disponíveis aos organismos. Tal estudo é importante para compreender a disponibilidade dos elementos na forma de nutrientes, uma vez que eles são essenciais à vida. Outro objetivo viável e interessante desta área é o estudo dos compostos poluentes que geram danos ambientais.

Reflita

Odum (1971) classifica os ciclos biogeoquímicos em duas categorias: (1) tipo gasoso, no qual o depósito está na atmosfera ou na hidrosfera (oceano); e (2) tipo sedimentar, no qual o depósito está na crosta terrestre. Você concorda com esta classificação?

Os ciclos biogeoquímicos são compreendidos como o padrão de um elemento químico nos seres vivos e nos compartimentos do ecossistema a nível global. Levando-se em consideração que os elementos químicos que os seres vivos precisam em grande quantidade são o carbono, o hidrogênio, o oxigênio, o nitrogênio, o fósforo e o enxofre, estes são os principais ciclos biogeoquímicos que ocorrem. O ciclo da água, embora não trate exatamente de um nutriente, é estudado dentro desta temática, visto que dependemos dela para sobreviver e este ciclo passa dos seres vivos para o ambiente e vice-versa. Agora vamos focar em três ciclos, dentre os descritos: ciclo hidrológico, do nitrogênio e do carbono.

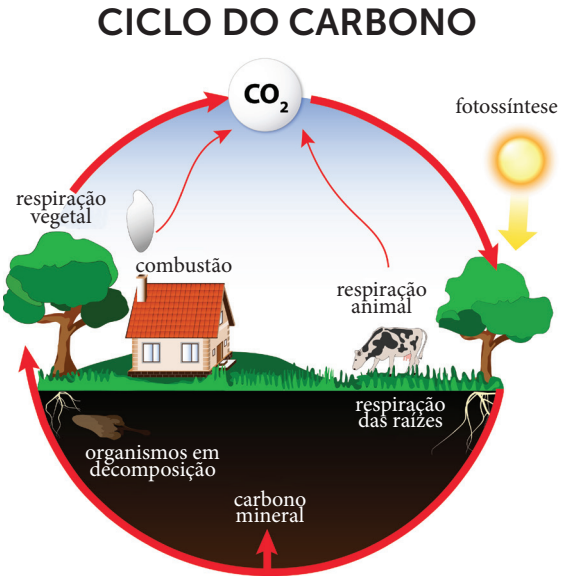
Pesquise mais

Sugerimos a leitura adicional do capítulo 21 do livro a seguir, disponível em minha biblioteca, para aprofundar a visão geral a respeito dos compartimentos e ciclos biogeoquímicos:

CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. Oferta e ciclagem de nutrientes. In: _____. **Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536325538/cfi/24!/4/2@100:0.00>. Acesso em: 28 dez. 2016.

O primeiro ciclo que veremos será o do carbono, pois a necessidade deste elemento por parte dos organismos é muito grande, devido à formação de suas macromoléculas e à demanda de energia para desenvolver suas atividades. Basicamente, neste ciclo, o elemento atravessa a atmosfera inferior, passa pelas teias alimentares e segue para seus reservatórios, entretanto, o ciclo é um pouco mais complexo que o esperado, pois é constantemente afetado pelas atividades humanas. Observe na Figura 3.11 o detalhamento do ciclo de carbono.

Figura 3.11 | O ciclo do carbono



Fonte:.<http://www.istockphoto.com/br/vetor/ciclo-de-carbono-gm586726364-100721927?st=_p_cycle%20carbon>. Acesso em: 28 dez. 2016.

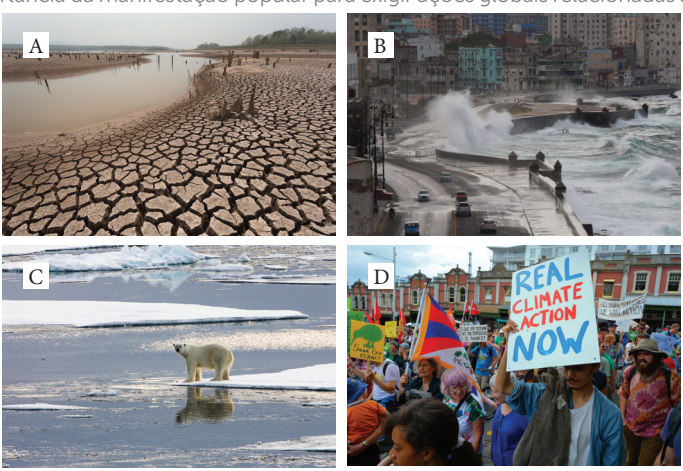
A figura foi focada no maior reservatório de carbono global, a crosta terrestre, embora o oceano também armazene grandes quantidades deste elemento. A maior parte do ciclo anual de carbono ocorre entre a atmosfera e o oceano. A fotossíntese e a respiração podem ser consideradas processos que governam o ciclo de carbono global. O primeiro processo é realizado pelas plantas que assimilam esse elemento e, em seguida, os consumidores adquirem carbono dos seres produtores, seja de forma direta ou indireta. O segundo processo é realizado pelas plantas e os animais e/ou microrganismos, ao respirarem, liberam o carbono retido nos produtos fotossintéticos de volta aos compartimentos da atmosfera. No oceano, esse ciclo ocorre pelo processo de difusão, sendo que, em temperatura menor, o oceano absorve mais dióxido de carbono e, quando a temperatura é elevada, podemos evidenciar a liberação do composto para a atmosfera. O carbono no ambiente aquático é processado pela cadeia planctônica.

Diferentemente do que muitos pensam, o efeito estufa é um mecanismo natural do nosso planeta para manter a temperatura

em condições mais ideais para a existência de vida. A elevação do CO^2 atmosférico está associada ao aumento do efeito estufa, pois alguns tipos de gases (gases de efeito estufa) absorvem a radiação infravermelha, irradiando o calor de volta para a superfície do planeta, aquecendo-a. Neste sentido, é necessário compreendermos esse ciclo e equilibrá-lo no sentido de ao menos interromper o crescimento da atual concentração deste composto na atmosfera.

O aquecimento global, ou o aumento da temperatura média da Terra, já causa grandes problemas para a população mundial. Evidenciamos com mais frequência eventos climáticos extremos, como escassez de água em algumas regiões por diminuição da precipitação, derretimento das geleiras e, consequentemente, a elevação dos níveis do mar, fortes ressacas marítimas, entre outros. Este contexto fundamenta a importância de manifestações populares para que os governantes concordem com mudanças necessárias para retornar ao equilíbrio do sistema. Observe na Figura 3.12 alguns registros fotográficos em relação ao aquecimento global.

Figura 3.12 | Efeitos evidenciados pelo aquecimento global no século XXI e a importância da manifestação popular para exigir ações globais relacionadas ao tema

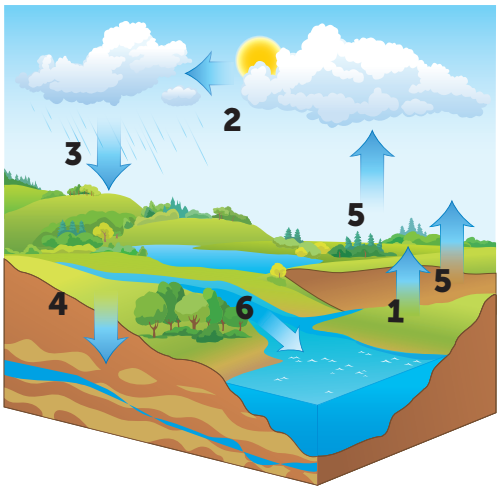


Fonte: (A) <http://www.istockphoto.com/br/foto/rachado-seco-terra-sem-%C3%A1gua-gm519874214-90757381?st=_p_aquecimento%20global>; (B) <http://www.istockphoto.com/br/foto/ondas-fortes-e-dif%C3%ADcil-de-alcan%C3%A7ar-a-praia-na-cidade-gm509414344-85763289?st=_p_forte%20mar>; (C) <http://www.istockphoto.com/br/foto/urso-polar-em-p%C3%A9-na-placa-de-gelo-cercado-por-%C3%A1gua-gm180743035-24787524?st=_p_aquecimento%20global>; (D) <http://www.istockphoto.com/br/foto/milhares-de-rali-de-ac%C3%A7%C3%A3o-sobre-as-altera%C3%A7%C3%B5es-clim%C3%A1ticas-gm511387492-86639539?st=_p_aquecimento%20global>. Acesso em: 27 mar. 2017.

Agora que já aprendemos sobre o ciclo do carbono, veremos o ciclo da água (Figura 3.13, passos 1 a 6), que, assim como o anterior, é caracterizado por depósitos atmosféricos pequenos, mas muito ativos. Em nosso planeta, a maior proporção de água é encontrada nos oceanos e exatamente em função da quantidade de água presente a energia radiante provoca a sua evaporação para a atmosfera em quantidades elevadas (1). A partir deste processo, os ventos distribuem o vapor pela superfície terrestre (2) e a precipitação condensa a água e a traz de volta para a terra (3), onde ela pode ser temporariamente armazenada em solos (4), lagos e banquisas, por exemplo. Em sequência, a perda da água nestes ambientes pode ocorrer por evaporação ou transpiração (5) a partir do solo e vegetação, fluxo líquido a partir de rios (6) e aquífero subterrâneo, retornando grande quantidade de água para os oceanos.

O ciclo da água é um dos ciclos mais conhecidos e que apresenta grande importância para humanidade, que depende deste composto para viver. Os ciclos do carbono e da água são extremamente vulneráveis às modificações provocadas pelo homem e, como consequências de suas alterações, podem acarretar mudanças no tempo ou até mesmo no clima.

Figura 3.13 | O ciclo da água



Fonte: <http://www.istockphoto.com/br/vetor/vetor-esquema-representa%C3%A7%C3%A3o-da-%C3%A1gua-de-bicicleta-na-natureza-gm467303485-34056372?st=_p_cycle%20wather>. Acesso em: 28 dez. 2016.

Ao observar a Figura 3.13, notamos que o ciclo da água continuaria mesmo sem a presença da biota, entretanto, a vegetação presente no sistema pode modificar consideravelmente o fluxo que ocorre no ciclo hidrológico. Tal fato acontece, pois as plantas podem interceptar a água, impedindo que parte dela volte diretamente para o riacho através da captação nas folhagens e incorporação na corrente de transpiração. Se retirarmos as matas existentes em locais, como bacias hidrográficas, próximos a rios, podemos aumentar a saída de água para os riachos, juntamente com uma grande carga de matéria dissolvida e particulada. Neste caso, são verificados dois processos prejudiciais: a erosão e o assoreamento, que acarretam a perda de camadas superficiais e o empobrecimento de nutrientes do solo, além de piorar a qualidade da água.

Exemplificando

A temática a respeito da influência da vegetação sobre o ciclo da água é atual e merece atenção, pois enfrentamos recentemente uma das maiores crises hídricas em algumas regiões de nosso país. Para exemplificar, leia a seguinte reportagem:

BRASIL. Programa Nascentes. Pesquisas comprovam a importância da vegetação na produção de água com qualidade. 2015. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/programanascentes/2015/08/06/pesquisas-comprovam-a-importancia-da-vegetacao-na-producao-de-agua-com-qualidade/>. Acesso em: 28 dez. 2016.

O último ciclo que estudaremos detalhadamente será o do nitrogênio. Este elemento está em grande quantidade na atmosfera (forma N^2, pouco assimilável pelos organismos), fase em que o ciclo ocorre predominantemente. Um organismo intermediário, neste caso algumas bactérias que vivem na superfície do solo, é necessário para transformar esse elemento em uma forma assimilável (amônia em nitratos), disponibilizando-o diretamente às plantas e indiretamente aos animais, através das relações tróficas. Este processo é conhecido por fixação (transformação do nitrogênio gasoso em substâncias aproveitáveis pelos seres vivos, como amônia e nitrato). O ciclo fecha a partir do processo de desnitrificação do nitrogênio por organismos microbianos que convertem os nitratos em nitrogênio molecular e o devolvem para a atmosfera na forma de N^2. É comprovado que a

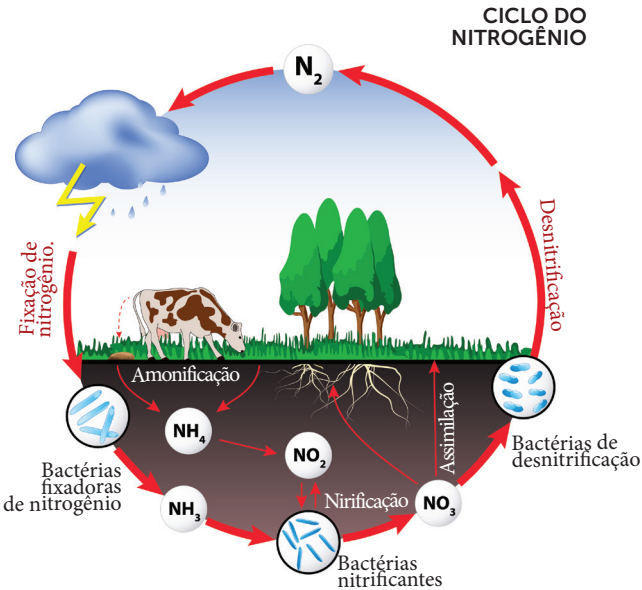
ausência desse elemento pode limitar o crescimento vegetal, causando atrofia nas plantas, visto que é um componente essencial para a síntese de todas as proteínas. Observe na Figura 3.14 o esboço do ciclo do nitrogênio.

Exemplificando

A rotação de cultura é um sistema interessante que pode ser explorado pelos agricultores, principalmente de pequeno porte. Ele consiste em alternar o plantio de não leguminosas (o milho, por exemplo), que retiram do solo os nutrientes nitrogenados, com leguminosas (feijão), que devolvem esses nutrientes para o meio.

O mutualismo de bactérias e fungos com as raízes das plantas é observado na natureza, formando-se nódulos em suas raízes. Em plantas leguminosas existe a presença de bactérias muito específicas (gêneros Rhizobium) que também são fixadoras de nitrogênio atmosférico no solo e, desta forma, contribuem com a disponibilidade deste elemento no ambiente.

Figura 3.14 | O ciclo do nitrogênio



Fonte: <http://www.istockphoto.com/br/vetor/ciclo-de-azoto-gm518881910-90276531?st=_p_ciclo>. Acesso em: 28 dez. 2016.

Como uma curiosidade, é interessante a informação de que o fluxo de nitrogênio por escoamento das comunidades terrestres para as aquáticas seja relativamente pequeno, efeito que pode ser observado nas comunidades aquáticas, pois este incremento é significante para os ambientes aquáticos envolvidos. As ações humanas, principalmente a remoção da vegetação e o uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados, têm resultado em grande influência sobre o ciclo do nitrogênio, pois, respectivamente, aumentam o fluxo de nitrato na água corrente ou corpos d'água e perdas maiores de N_2O para a atmosfera. Impactos em relação a esta alteração de concentração podem ser evidenciados claramente em alguns ambientes, como nos lagos, em que a elevada concentração artificial deste nutriente pode contribuir na eutrofização do local.

Pesquise mais

Nossa compreensão a respeito do ciclo biogeoquímico mudou com o decorrer do tempo. Neste sentido, sugerimos a leitura das literaturas a seguir: ODUM, E. P, **Fundamentos de Ecologia**. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1982. Disponível em: <https://ferdesigner.files.wordpress.com/2010/11/fundamentos-de-ecologia-odum.pdf>. Acesso em : 28 dez. 2016.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. Capítulo 18. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536309545/cfi/483!/4/2@100:0.00>. Acesso em: 28 dez. 2016.

Vocabulário

Eutrofização: processo de excesso de nutrientes no corpo d'água, que pode ser de origem natural ou antrópica e provoca um aumento na presença de organismos produtores (algas) e outros no local.

Zona de convergência intertropical: área que circunda a Terra, próxima ao Equador (sua localização possui certa variação), onde os ventos originários dos hemisférios norte e sul encontram-se.

Sem medo de errar

A responsabilidade pela avaliação de um projeto de recuperação de área degradada foi demandada a você. Tal projeto objetivou recuperar duas áreas de preservação permanente localizadas em

propriedades rurais do município. Todo o seu esforço já resultou na elaboração das duas primeiras etapas do relatório. Para finalizá-lo, você deve agora avaliar o ciclo biogeoquímico da água e a recuperação de áreas que estão localizadas em zonas de recarga hídrica e responder às seguintes perguntas: o que são ciclos biogeoquímicos? Qual a relação do ciclo hidrológico e a ocorrência de vegetação natural? É possível afirmar que uma das áreas está contribuindo melhor para o ciclo hidrológico? Por quê?

A primeira pergunta proposta é totalmente conceitual e, neste sentido, vamos recordar que os ciclos biogeoquímicos são compreendidos como processos cíclicos que possuem um padrão de percurso de um elemento químico nos seres vivos e (indispensável para o processo de absorção ou assimilação dos nutrientes), uma vez que eles são essenciais à vida. Se necessário, recorde o conteúdo inicial do item *Não pode faltar* para relembrar outros conceitos importantes que envolvem o tema.

Para responder à segunda e terceira questões, é necessário que você se recorde do estado de recuperação das áreas e, neste sentido, observe uma pequena descrição dos ambientes, como vimos em seções anteriores (Quadro 3.1):

- **Área 1**: Possui 60 espécies arbóreas, com árvores de 15,6 cm de diâmetro médio e 5 m de altura média. São cerca de 80 indivíduos regenerantes por hectare e pequeno número de espécies exóticas. Observação pontual de equipe de fauna descreveu uma teia trófica de 8 espécies no local.

- **Área 2**: Possui 35 espécies arbóreas, com árvores de 10,2 cm de diâmetro médio e 3 m de altura média. São cerca de 40 indivíduos regenerantes por hectare e número considerável de espécies exóticas (6). Observação pontual de equipe de fauna descreveu uma teia trófica de 6 espécies no local.

O ciclo hidrológico é um dos mais conhecidos pela população, entretanto, poucos já refletiram sobre a relação da vegetação nativa e do ciclo da água. Embora o ciclo continue ocorrendo, se a vegetação (floresta) for removida, ele sofrerá impactos diretos, tais como: aumento do escoamento hídrico superficial, redução da evapotranspiração e redução da infiltração da água no solo.

Neste sentido, as florestas em áreas de recarga hídrica, próximas a margens de rios, entorno de nascentes, entre outras são grandes aliadas para manter a qualidade da água e o ciclo deste elemento, essencial à vida, equilibrado.

Concluímos a partir do exposto que a recuperação de vegetação em áreas que foram degradadas irá contribuir para que a condição ideal de relação da vegetação com o ciclo hidrológico seja restabelecida. Neste sentido, a área 1, que está mais recuperada que a área 2, devido à presença de árvores de maior diâmetro e quantidade de regenerantes por hectare, está contribuindo melhor para o ciclo hidrológico do município.

Avançando na prática

É necessário buscar o equilíbrio

Descrição da situação-problema

Em uma reunião de agricultores familiares, foi exposto o resultado de uma adesão voluntária dos agricultores locais à chamada rotação de culturas em suas propriedades rurais. Este processo é fundamentado em um sistema interessante que pode ser explorado pelos agricultores, principalmente de pequeno porte. Ele consiste em alternar o plantio de não leguminosas (o milho, por exemplo), que retiram do solo os nutrientes nitrogenados, com leguminosas (feijão), que devolvem esses nutrientes para o meio. Os agricultores estavam muito satisfeitos, pois diminuíram consideravelmente a quantidade de adubos nitrogenados que aplicavam em suas culturas e praticamente não tiveram perda de produtividade.

Você, no papel de consultor ambiental e mediador dessa reunião, deve explicar os seguintes tópicos aos agricultores familiares:

Por que não era mais necessário aplicar a mesma quantidade de adubo nitrogenado no solo? Explique sucintamente o processo e elucide sobre sua relevância para se manter o ciclo do nitrogênio em equilíbrio.

Resolução da situação-problema

A associação, mutuamente vantajosa, de bactérias e fungos com as raízes das plantas é observada com frequência na natureza e, no

caso da rotação de cultura, existe a presença de bactérias muito específicas (gêneros *Rhizobium*) em raízes de plantas leguminosas. Desta forma, as bactérias transformam o nitrogênio gasoso presente no ar (que penetra nos poros do solo) em compostos assimiláveis pelas plantas e pelos demais seres vivos, e o processo é denominado "fixação biológica do nitrogênio". Por meio da alternância de plantio de espécies não leguminosas e leguminosas, as últimas disponibilizam para cultura posterior o nitrogênio que foi fixado.

Como o processo é efetivo, ele pode suprir todas (ou parte) as necessidades das plantas quanto a esse nutriente e, assim, não é necessário adubá-la artificialmente, ou seja, não precisa de incremento de nitrogênio. Neste sentido, diminuímos a ação do homem sobre esse elemento e, consequentemente, em seu ciclo biogeoquímico, pois não estaríamos mais acrescentando nitrogênio no sistema; fato que poderia desequilibrar o ciclo desse elemento em curto, médio ou longo prazo.

Faça valer a pena

1. A necessidade de elementos químicos específicos para os organismos satisfazerem as demandas de metabolismo e crescimento está intimamente relacionada às teias tróficas, e o estudo do percurso destes elementos no sistema é fundamental.
Assinale a alternativa que contém o nome da área que estuda o percurso desses elementos no sistema:
a) Ciclo da água.
b) População.
c) Comunidade.
d) Biogeoquímica.
e) Ciclo do carbono.

2. O ciclo do carbono é um importante ciclo biogeoquímico, principalmente por ser fundamental constituinte da matéria orgânica dos organismos. As plantas adquirem este elemento por meio do processo de _____ e os animais pelo processo de _____.
Assinale a alternativa que preenche adequadamente as lacunas que se encontram no texto:
a) Respiração; nutrição.
b) Fotossíntese; nutrição.
c) Nutrição; respiração.
d) Nutrição; fotossíntese.
e) Respiração; fotossíntese.

3. A rotação de cultura é um sistema interessante que pode ser explorado pelos agricultores, consiste em alternar o plantio de não leguminosas (o milho, por exemplo) com leguminosas (feijão) e, neste sentido, pode influenciar um elemento muito importante e sua disponibilidade no sistema.

Análise as alternativas e assinale aquela que apresentar o nutriente que pode ser influenciado por este processo:

a) Carbono.

b) Oxigênio.

c) Nitrogênio.

d) Fósforo.

e) Enxofre.

Referências

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536309545/cfi/483!/4/2@100:0.00>. Acesso em: 28 dez. 2016.

BRASIL. Programa Nascentes. **Pesquisas comprovam a importância da vegetação na produção de água com qualidade**. 2015. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/programanascentes/2015/08/06/pesquisas-comprovam-a-importancia-da-vegetacao-na-producao-de-agua-com-qualidade/>. Acesso em: 28 dez. 2016.

CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536325538/cfi/24!/4/2@100:0.00t>. Acesso em: 28 dez. 2016.

CECIE, S. t al. **Biologia**: Unidade e diversidade da vida. São Paulo: Cengage Learning, 2012. v. 3.

CLEMENTS, F. E. Plant succession: an analysis of the development of vegetation. **Carnegie Inst. Washington Publ**. n. 242, 512, p. 1916.

_____. Nature and structure of climax. **Journal of Ecology**, n. 24, p. 252-284, 1936.

ELTON, C. S. **The Ecology of Invasions by Animals and Plants**. London: Methuen, 1958.

FREITAS, W. K. F. E; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e Parâmetros para Estudo da Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 520-540, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v19n4/v19n4a15.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2016.

GLEASON, H. A. The Individualistic Concept of the Plant Association. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 53, n. 1, p. 7-26, 1926.

ODUM, H. T. **Environment, Power and Society**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1971.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1982.

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

RICKLEFS, R. E. **A economia da Natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

SADAVA, D. et al. **Vida**: a ciência da biologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. v. 2.

SOUZA, M. C. S. et al. Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. **Revista Floresta**, v. 46, n. 1, 2016. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/34991/27772>. Acesso em: 28 dez. 2016.

Ecologia sustentável

Convite ao estudo

Caro estudante, ao longo da vida, vamos desenvolvendo nossa capacidade de viver em sociedade. Neste sentido, precisamos um do outro para estabelecer referências saudáveis de valores pessoais. Até o momento, aprendemos sobre os três principais níveis hierárquicos de organização ecológica (população, comunidade e ecossistema), verificamos os principais conceitos e desenvolvemos pensamento crítico a respeito do tema. Agora, nesta quarta e última unidade estudaremos os conteúdos, a temática e os valores da sustentabilidade.

Essa será a última etapa para cumprir a nossa competência geral da disciplina, que é conhecer os três níveis de organização da Ecologia (ecossistemas, comunidades, população) e integrar a temática à sustentabilidade. Para tanto, o entendimento do que é sustentabilidade e de como integrar essa temática à Ecologia lhe conferirá a nossa última competência técnica, mobilizando conhecimentos essenciais da área para resolução de problemas de sua futura realidade profissional.

Para auxiliá-lo nesse propósito, nosso contexto de aprendizagem coloca você na posição de um presidente de uma Organização Não Governamental (ONG) que atua em diversas áreas, dentre elas a ambiental. Você e sua equipe defendem um projeto que busca uma solução para diminuir a quantidade de lixo gerada no município em que residem, que já esgotou a vida útil do seu aterro e atualmente exporta o lixo para outros lugares. O projeto se refere à temática de sustentabilidade aliada à Ecologia, que depois será entregue para a população do município para atividades de educação ambiental. Ele será dividido em três etapas: desenvolvimento do tópico sobre

o conceito de sustentabilidade e sua origem; elaboração do tópico sobre ecologia sustentável; e preparação do tópico sobre o ecodesenvolvimento e manejo.

Você já refletiu sobre alguma destas questões? O que é sustentabilidade? Quais são as principais causas dos problemas ambientais? O que é ecodesenvolvimento?

Em linhas gerais, os conteúdos que serão tratados nesta unidade farão uma reflexão sobre as interferências do ser humano sobre o meio ambiente. Trataremos os conceitos gerais a respeito de sustentabilidade, quais são as suas três vertentes clássicas e os aspectos relacionados a sua importância. Integraremos a temática de sustentabilidade sob aspectos ecológicos e discutiremos as principais causas dos problemas ambientais. Já finalizando o conteúdo proposto, a cultura será abordada como um fator mediador da sustentabilidade e da racionalidade ambiental. Também iremos expor as bases do pensamento crítico e do ecodesenvolvimento; e, por fim, exploraremos as possibilidades de manejo em nível de população, comunidade e ecossistema.

Seção 4.1

Sustentabilidade, a palavra da vez

Diálogo aberto

Vamos iniciar agora a última unidade do livro didático de Ecologia e Sustentabilidade. A partir deste momento, iremos integrar a temática da Ecologia, relacionando os três principais níveis de organização ecológica ao conceito de sustentabilidade. Como enfatizamos durante a Unidade 1, no decorrer da história da humanidade, observamos sérios problemas ambientais que afetam a qualidade de vida das pessoas e causam sérios prejuízos materiais e imateriais. Nesse cenário, o estudo sobre a sustentabilidade passa a ser fundamental.

Os objetivos específicos são: conhecer uma abordagem das interferências do homem sobre o meio ambiente e compreender o conceito de sustentabilidade e suas três vertentes relacionadas. Como vimos no item *Convite ao estudo*, o contexto de aprendizagem tornou você um presidente de uma Organização Não Governamental (ONG) que atua em diversas áreas, dentre elas a ambiental. A organização que você administra busca uma solução para diminuir a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerada no município, que já esgotou a vida útil do aterro e atualmente exporta seu lixo para outros lugares. A ONG elaborou um projeto de compostagem urbana e de criação de cooperativas de reciclagem de materiais, que, embora tenha sido muito elogiado, precisa ser aceito pelos representantes políticos do município. Neste sentido, visando explicar a necessidade de iniciativas sustentáveis para combater esse e outros tipos de problemas ambientais na região, que prejudicam a população local, vocês decidem elaborar um projeto teórico sobre a temática de sustentabilidade aliada à Ecologia. A primeira etapa desse projeto, que deverá ser foco no momento, será a elaboração de uma introdução sobre o conceito de sustentabilidade.

Reflita brevemente sobre o contexto apresentado. Para cumprir a primeira etapa, você deverá responder às seguintes questões: O que é sustentabilidade? Quais eventos antecedem a concepção do conceito de sustentabilidade? Quais as três vertentes da sustentabilidade? Explique.

Com a finalidade de dar suporte a sua tarefa, direcionaremos os estudos desta seção para os seguintes tópicos: as interferências do ser humano sobre o meio ambiente, o que é sustentabilidade e suas três vertentes clássicas, e finalizaremos abordando a importância da sustentabilidade no século XXI.

Não pode faltar

Até o momento, verificamos que a ecologia, ou o "estudo da casa", possui um foco multidisciplinar. De forma geral, seu objetivo é a investigação integrada de todos os organismos presentes e dos processos funcionais que são fundamentais para manter o equilíbrio da casa ou do ambiente. Dentro dos conceitos da área ecológica, aquele sobre os níveis hierárquicos de organização mostrou-nos que todos os planos estão interligados e que podemos verificar impactos locais e globais em sistemas naturais.

Nossa espécie primitiva não provocava grandes impactos no meio, pois tudo era feito em pequena escala, o que permitia a manutenção dos limites de estabilidade do ecossistema natural. A relação do homem com a natureza era similar a de outros animais que existiam no sistema, pois a colheita e a caça eram associadas aos ciclos da própria natureza. Entretanto, esse contexto mudou e, de acordo com alguns especialistas, o surgimento do trabalho foi um ponto crucial para as mudanças na dinâmica entre o homem e a natureza, já que ele se tornou o mediador dessa relação.

O homem, por meio de um determinado processo (trabalho), realiza, regula e controla a natureza. Nesse contexto, ele pode e deve ser considerado como qualquer outro organismo que vive na Terra. Entretanto, devido a características únicas, como a capacidade de autocriação, pode modificar o meio em que habita, transformando um ecossistema natural em um ecossistema humano. Observe alguns exemplos da flexibilidade de adaptação do homem na Figura 4.1.

Reflita

O ecossistema humano apresenta características similares ao ecossistema natural, porém é mais complexo pelo acréscimo de componentes e estruturas socioculturais. Você considera que existe um limite para a capacidade de autocriação do homem? Por quê?

Figura 4.1 | Exemplos de criações do homem para gerir sua vida em sociedade: (A) Cidade de São Paulo; (B) Represa Grand Coulee, no Rio Columbia

Fonte: em: (A) <http://www.istockphoto.com/br/foto/cidade-%C3%A0-noite-em-s%C3%A3o-paulo-brasil-gm530771258-93524591?st=_p_cidades>;.(B).<http://www.istockphoto.com/br/foto/represa-grand-coulee-gm176852975-17799805?st=_p_hidreletricas>. Acesso em: 6 fev. 2017.

As cidades são exemplos de ecossistemas criados pelo homem com o objetivo inicial de resolver problemas referentes a sua sobrevivência e facilitar a vida em sociedade. Paralelamente, outras obras suntuosas, como as hidrelétricas, foram criadas pelo homem e atualmente fazem parte da nossa sociedade.

Um histórico muito interessante em relação à interferência do homem sobre a natureza foi proposto em meados do século XX, por Pierre Dansereau (LIMA, 1984), um agrônomo canadense que definiu o conceito de "serás" como sendo as diversas etapas de mudança de um ecossistema natural até atingir o clímax, e antroposeras (antropoeras) como sendo as etapas de transformação do ecossistema natural para o humano pelo próprio homem. Dansereau denominou seis etapas de transformação:

Assimile

Da mesma forma que existem fases de mudança de um ecossistema natural, foi proposto por Pierre Dansereau fases para representar as mudanças que ocorrem de um ecossistema natural para um ecossistema humano.

- **Colheita (1ª Etapa)**: a economia fundamenta-se na colheita de alimentos oferecidos pelo meio e não há necessidade de armazenamento. Nesta etapa ocorre a interação harmônica entre o homem e a natureza. O homem utiliza praticamente aquilo que a natureza oferece.

- **Caça e pesca (2ª Etapa)**: incorporação de atividades de caça e pesca nas atividades cotidianas dos grupos. Não havia comercialização de excedente, pois o grupo tinha uma economia de subsistência. Outra marca desse período é a criação e utilização, pelo homem, de instrumentos que facilitem as atividades.

- **Pastoreio (3ª Etapa)**: espécies animais são introduzidas e aclimatadas pelo homem em novos locais, criando o processo de domesticação e pastoreio. Para tanto, grandes áreas são desmatadas e verificamos um domínio do homem sobre a natureza.

- **Agricultura (4ª Etapa)**: devido ao maior conhecimento de aspectos climáticos e outras características do meio ambiente, o homem desenvolveu a agricultura. Até esse momento ela era itinerante, ou seja, a tribo deslocava-se após esgotar os recursos da região atual. Além disso, o cultivo em áreas irrigadas por rio eram comuns nesse período. A economia ainda era autossuficiente, mas agora os excedentes eram guardados para o uso em momentos que o grupo precisasse.

- **Industrialização (5ª Etapa)**: caracterizada pelo aumento da população e demanda de consumo. A divisão de trabalho é mais evidente e os excedentes passam a ser produzidos em quantidades maiores, estabelecendo relações de comércio. Os recursos disponíveis no meio em que a comunidade habita não são mais suficientes para abastecê-la, devido, também, ao aumento populacional. O sedentarismo passa a ser característico na população e há a criação de grandes projetos, como meio de

transporte, máquinas, entre outros. Muitos recursos naturais não conseguem acompanhar o ritmo da necessidade humana e tornam-se escassos no ambiente natural. O impacto sobre a natureza cresceu de uma forma desmesurada e cresce o desequilíbrio da relação entre homem e natureza.

Exemplificando

Dentre os diversos problemas ambientais que a industrialização trouxe, podemos citar a alta concentração populacional devido à urbanização acelerada; ao consumo excessivo de recursos naturais, principalmente não renováveis (petróleo, carvão mineral etc.); à contaminação do ar, do solo, das águas; ao desmatamento; entre outros impactos negativos no ambiente.

- **Urbanização (6ª Etapa)**: a última fase das interferências do homem sobre a natureza é caracterizada pela formação oficial do ambiente humano, sendo seu maior representante as cidades. As sociedades estabelecidas são interligadas e dependem umas das outras em termos de produtos. O impacto do homem sobre a natureza é cada vez maior, pois seu consumo coloca em contraposição as questões biológicas e os fatores econômicos, políticos e sociais.

Pesquise mais

Para ajudar na reflexão sobre as inferências do homem sobre a natureza, leia o seguinte artigo:

AQUINO, Quelen Brondani; KONTZE, Karine Brondani. O processo de mundialização e seus impactos no consumismo da sociedade global. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DEMANDAS SOCIAIS E POLÍTICAS PÚBLICAS NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA, 12., 2015, Santa Cruz do Sul. **Anais**... Santa Cruz do Sul: UNISC, 2015. Disponível em: <http://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/sidspp/article/viewFile/13059/2389>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Por meio da breve explanação de Dansereau, percebemos que os fatos em relação ao domínio do homem sobre a natureza mudaram no decorrer de sua história. No início, a relação era neutra, pois o homem buscava suprir basicamente o necessário para a sua sobrevivência de acordo com seu modo de vida. Atualmente, a sociedade moderna

estabeleceu muitas necessidades que vão além do necessário para sobreviver e verificamos, também, o crescimento acelerado da população mundial.

Esse contexto fez crescer movimentos que questionam o modo de vida atual da sociedade moderna e que afirmam a necessidade de encontrar um equilíbrio entre a vida que estabelecemos hoje e o meio ambiente. Um exemplo de anseio real e vivenciado por muitas pessoas pode ser representado pelo trecho de a seguir (GUATTARI, 1990, p. 7):

> **O que está em questão é a maneira de viver daqui em diante sobre o planeta, no contexto da aceleração das mutações técnico-científicas e do considerável crescimento demográfico. Em virtude do contínuo desenvolvimento do trabalho maquínico, redobrado pela revolução informática, as forças produtivas vão tornar disponível uma quantidade cada vez maior do tempo de atividade humana potencial. Mas com que finalidade? A do desemprego, da marginalidade opressiva, da solidão, da ociosidade, da angústia, da neurose, ou a da cultura, da criação, da pesquisa, da reinvenção do meio ambiente, do enriquecimento dos modos de vida e de sensibilidade?**

A palavra "sustentabilidade" pode conter diferentes interpretações. A primeira delas reflete a característica de ser sustentável, ou seja, que um sistema ou processo exista por tempo indeterminado. Essa perspectiva, inclusive, pode ser interpretada como ecológica e interligar-se à capacidade de recuperação e reprodução dos ecossistemas (resiliência) em face de agressões antrópicas (uso abusivo dos recursos naturais, desflorestamento, fogo etc.) ou naturais (terremoto, tsunami, fogo etc.).

Uma segunda interpretação da palavra possui um cunho mais econômico e social, em face da percepção crescente ao longo do século XX de que o padrão de produção e consumo em expansão no mundo não tem possibilidade de perdurar. Diz também que o termo se refere ao uso dos recursos naturais no presente de tal forma que não comprometa o seu uso pelas futuras gerações.

O conceito de sustentabilidade começou a ser esboçado em 1972, quando a Organização das Nações Unidas (ONU) promoveu a

Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo (Suécia). Foi a primeira grande reunião internacional em que lideranças mundiais discutiram questões ligadas ao meio ambiente e obtiveram números expressivos, como a participação de 113 países, 250 ONGs e organismos da ONU. Eventos anteriores já haviam sinalizado esse cenário de mobilização internacional pelo meio ambiente. Por exemplo, no ano de 1968 houve três grandes acontecimentos neste sentido: a criação do clube de Roma, a 45ª Sessão do Conselho Econômico e Social da ONU e a Conferência da Biosfera.

Pesquise mais

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA ou, em inglês, UNEP) apresenta informações interessantes no seu site. Acesse:

Programa das Nações Unidas. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/agencia/pnuma/>. Acesso em: 6 fev. 2017.

O cenário vivido pelo homem até aquele momento contribuiu para a ocorrência de diversas iniciativas internacionais de discussão sobre a temática ambiental, pois o homem percebeu que os problemas como a degradação ambiental e a poluição resultam em impactos que, muitas vezes, não se limitam às fronteiras políticas de uma nação, afetando países, regiões e povos em várias partes do planeta.

Exemplificando

Em novembro de 2015, o Brasil enfrentava um desastre ambiental imenso! O rompimento da barragem de rejeitos da empresa Samarco é o maior desastre do gênero da história mundial nos últimos 100 anos. O desastre, além de causar a destruição do distrito mineiro de Bento Rodrigues, com vítimas fatais, contaminou água e solo de diversas regiões, pois a lama percorreu mais de 600 km. Incontáveis números de espécies animais e vegetais foram atingidas, além de população humana que convive com água de baixa qualidade em diversas regiões afetadas.

O conceito de sustentabilidade explora as relações entre desenvolvimento econômico, a qualidade ambiental e a equidade social. Podemos dizer, então, que o tripé da sustentabilidade é: econômico, ambiental e social.

Vamos agora observar a Quadro 4.1, que explica em detalhes as áreas do tripé da sustentabilidade.

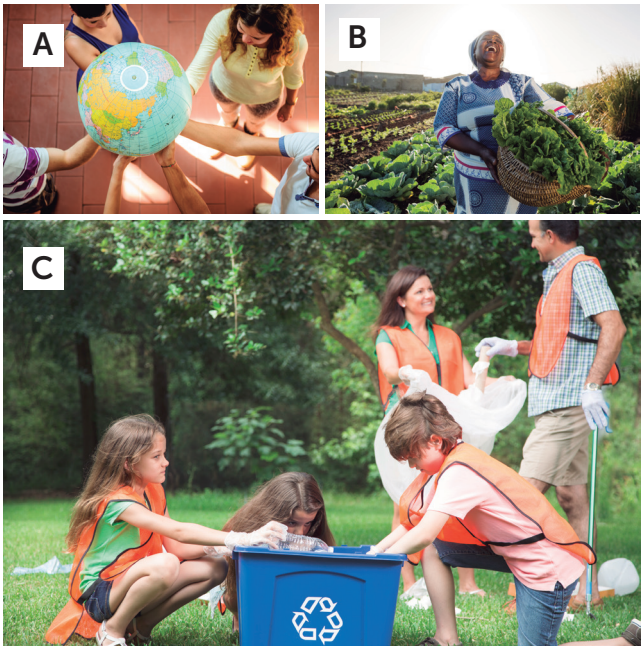
Quadro 4.1 | Resumo do detalhamento e expectativas futuras de cada componente do tripé da sustentabilidade

Foco principal	Detalhamento	Expectativas futuras
Econômico	• Gestão do sistema econômico deve ser feita a partir do dividendo de nossos recursos. • Ainda visa maximizar o lucro.	Fundamentar as políticas de desenvolvimento econômico sob os custos, benefícios e impactos de acordo com os fatores ambientais.
Ambiental	• Preservação e conservação dos processos ecológicos essenciais à sobrevivência e ao desenvolvimento humano. • Preservação da biodiversidade.	Reduzir uso de combustíveis fósseis, diminuir emissão de poluentes, mudar a matriz energética para uma fonte renovável e optar por materiais mais eficientes ou renováveis.
Social	• Estabilidade ou sustentabilidade do sistema sociocultural vigente dentro da lógica de desempenho e lucro da economia tradicional. • Considera-se consequências sociais e ambientais das atividades.	Reduzir as desigualdades sociais, considerando as necessidades humanas materiais (alimentação, vestimenta etc.) e imateriais (educação, lazer, saúde etc.).

Fonte: adaptado de Pereira (2011, p. 65).

Existem aspectos muito subjetivos para serem trabalhados junto à questão da sustentabilidade, entretanto, qualquer análise a respeito dessa temática torna-se mais objetiva ao aceitarmos a premissa de que tudo está interligado. Percebemos que o desenvolvimento do conceito de sustentabilidade está ligado a mudança de percepção humana em relação às questões ambientais, à conservação da natureza e ao desenvolvimento durante o último século. A sustentabilidade se torna algo necessário e urgente, e passa a fazer parte de diversos grupos, finalmente sendo trabalhada nas instituições de ensino. Observe a Figura 4.2 em que vemos imagens referentes ao conceito de sustentabilidade.

Figura 4.2 | O conceito de sustentabilidade se concretiza como uma necessidade urgente para a sobrevivência da humanidade: (A) Corresponsabilidade para gerir o planeta Terra. (B) e (C) Ações sustentáveis para praticar o tripé da sustentabilidade, como hortas comunitárias orgânicas e programas de reciclagem de resíduos



Fonte: (A) <http://www.istockphoto.com/br/foto/n%C3%B3s-somos-um-grupo-de-conceito-de-trabalho-em-equipe-gm484270892-71605691?st=_p_sustentabilidade>; (B) <http://www.istockphoto.com/br/foto/mulher-africana-rindo-gm538889138-95950029?st=_p_sustentabilidade>; (C) <http://www.istockphoto.com/br/foto/volunt%C3%A1rios-fam%C3%ADlia-limpa-para-a-sua-comunidade-park-lixeira-de-reciclagem-gm514988350-88356433?st=_p_sustentabilidade>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Nas imagens anteriores observamos ações de caráter sustentável, como a produção de alimentos orgânicos, que utiliza técnicas de conservação de solo, além de adubos e defensivos naturais em sua produção. A coleta seletiva de resíduos sólidos é outro exemplo que pode gerar renda e muitos benefícios locais. Todas essas atividades ajudam a gerir o planeta de forma consciente com a atuação de diversos atores.

A promoção da sustentabilidade se torna essencial e geri-la é um desafio para o século XXI. De acordo com as experiências passadas, verificamos que o modo de desenvolvimento que não possua esse conceito integrado é falho e deve ser substituído para gerar o equilíbrio necessário entre a economia, o ambiente e o homem.

A sociedade atual, devido a uma complexidade de fatores, coloca-se em risco constantemente – e em geral de alta gravidade –, como é o caso dos riscos ecológicos, químicos, nucleares e genéticos. Mas será que realmente é necessário correr esse risco?

A sustentabilidade confronta tais riscos e esquematiza uma alternativa em que muitos deles poderiam ser efetivamente avaliados e evitados. Concluímos, então, que a sustentabilidade é importante para a sociedade atual, sendo necessário ampliar a consciência das pessoas a respeito das suas implicações, para que tal conceito passe a fazer parte do seu cotidiano.

Pesquise mais

Para ampliar seu conhecimento a respeito da origem e do cenário internacional que norteou o tema da sustentabilidade nos últimos anos, leia os capítulos 2 e 3 do seguinte livro:

DIAS, Reinaldo. **Sustentabilidade**: origens e fundamentos, educação e governança global, modelo de desenvolvimento. São Paulo: Atlas, 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522499205/cfi/0!/4/2@100:0.00>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Sem medo de errar

Vamos recordar a situação-problema proposta!

Você é presidente de uma Organização Não Governamental (ONG) que atua em diversas áreas, entre elas a ambiental. Essa instituição que você administra busca uma solução para diminuir a quantidade de lixo (resíduos sólidos urbanos) gerado no município onde reside, que já esgotou a vida útil do aterro e atualmente exporta seu lixo para outros lugares. Visando explicar a necessidade de iniciativas sustentáveis para combater esse e outros tipos de problemas ambientais que prejudicam a população local, os integrantes da ONG decidem elaborar um projeto teórico sobre a temática de sustentabilidade aliada à Ecologia. A primeira etapa deste projeto, que deverá ser foco no momento, será a elaboração de uma introdução sobre o conceito de sustentabilidade.

Para cumprir a primeira etapa, você teve que refletir e responder às seguintes questões: O que é sustentabilidade? Quais eventos antecedem a concepção do conceito de sustentabilidade? Quais as

três vertentes da sustentabilidade? Explique.

A primeira questão é bem objetiva e sua resposta também deve ser. Devemos ser claros e sucintos ao tratar da definição de um termo tão complexo como sustentabilidade, pois isso pode facilitar o entendimento de pessoas leigas sobre o assunto. Sustentabilidade refere-se ao uso dos recursos naturais no presente de tal forma que não comprometa o seu uso pelas futuras gerações, ou seja, ser sustentável a ponto de que um processo seja garantido por tempo indeterminado.

Muito bem, a definição desse conceito pode ser o início do texto sobre sustentabilidade. A partir deste trecho, introduza sucintamente os acontecimentos históricos que antecederam e, de certa forma, prepararam o cenário para concepção da sustentabilidade. Basicamente, podemos citar quatro eventos relevantes (apresentados em ordem cronológica) para incluir no projeto da ONG:

- Criação do Clube de Roma.
- 45ª Sessão do Conselho Econômico e Social da ONU.
- Conferência da Biosfera.
- Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano.

Para finalizar a atividade, a última pergunta indaga sobre as três vertentes que são incorporadas à temática de sustentabilidade. Você se lembra quais são os respectivos detalhamentos para conseguir explicá-las? Vamos recordar os dados apresentados no Quadro 4.1:

- Econômico: a gestão do sistema econômico deve ser feita a partir do dividendo de nossos recursos, embora ainda vise maximizar o lucro.
- Ambiental: é necessária a preservação e conservação dos processos ecológicos essenciais à sobrevivência e ao desenvolvimento humano e, também, à biodiversidade.
- Social: prioriza-se a estabilidade ou sustentabilidade do

sistema sociocultural vigente dentro da lógica de desempenho e lucro da economia tradicional, e deve-se considerar as consequências sociais e ambientais das atividades.

Evidenciamos que as três vertentes da sustentabilidade (econômica, ambiental e social) buscam viabilizar o desenvolvimento econômico, aliando-o à qualidade ambiental e equidade social, e devem ser respeitadas e cumpridas. É interessante você destacar, ainda, que, se a sustentabilidade for implantada efetivamente, são esperadas ações de desenvolvimento econômico mais conscientes ou que apresentem menor impacto negativo na área ambiental ou social e que possuam a preocupação em atender as necessidades humanas materiais e imateriais.

Avançando na prática

Sustentabilidade? Será?

Descrição da situação-problema

Uma fábrica de geladeira adotou algumas medidas novas após a troca de gestão e gostaria de uma avaliação de parecer externo para verificar se as medidas se enquadram no tripé da sustentabilidade. O objetivo da fábrica é buscar uma certificação na área ambiental futuramente. As medidas usadas foram: aproveitamento de 94% de todos os resíduos que são gerados pelos processos da fábrica; destinação ambientalmente correta dos resíduos que não podem ser reaproveitados; treinamento e conscientização dos funcionários sobre economia de água e energia nas áreas coletivas da fábrica; e bonificação de 50% do valor economizado, sendo destinado para incremento salarial de funcionários.

Você, no papel de avaliador externo e especialista na área de sustentabilidade, deve responder: as medidas se enquadram no tripé da sustentabilidade? Por quê?

Resolução da situação-problema

Se considerarmos que o tripé da sustentabilidade visa equilibrar questões econômicas, ambientais e sociais, podemos considerar, simbolicamente, que a empresa realizou tarefas que se adequaram a cumprir o esperado nas três áreas.

Primeiramente, o aproveitamento de 94% de todos os resíduos que são gerados pelos processos da fábrica e a destinação ambientalmente correta dos resíduos que não podem ser reaproveitados pode ser considerada uma iniciativa da área ambiental. Já o treinamento e a conscientização dos funcionários sobre economia de água e energia nas áreas coletivas da fábrica e bonificação de 50% do valor economizado sendo destinado para incremento salarial de funcionários pode ser considerada uma medida da área social. A questão econômica da fábrica foi favorecida (ou será em médio/longo prazo) com a economia de materiais reaproveitados e de energia e água pelos funcionários.

Faça valer a pena

1. Nossa espécie primitiva não provocava grandes impactos no meio ambiente, pois praticamente vivia do que era oferecido pela natureza, muito similar aos outros animais. Entretanto, essa realidade foi mudando e hoje provocamos grandes alterações no meio ambiente.
Qual das alternativas a seguir apresenta um fator crucial, apontado por especialistas, como responsável pelas mudanças na relação homem-natureza?
a) A construção de cidades.
b) O desenvolvimento do trabalho.
c) A construção de hidrelétricas.
d) A transformação de energia.
e) O ciclo de matéria.

2. A capacidade de autocriação do homem possibilitou que ele criasse ecossistemas humanos. Em relação a esses ecossistemas, leia as seguintes afirmações:
I. Os ecossistemas humanos são autossuficientes.
II. Os ecossistemas humanos apresentam as mesmas características do ecossistema natural, porém são mais complexos pelo acréscimo de componentes e estruturas socioculturais.
III. Nos ecossistemas humanos não ocorre ciclo de energia e fluxo de matéria.
Assinale a alternativa que apresenta a(s) afirmação(ões) correta(s):
a) I, apenas.
b) II, apenas.
c) III, apenas.
d) I e II, apenas.
e) I e III, apenas.

3. Um histórico muito interessante em relação à/ao _____ do homem sobre a natureza foi proposto na metade do século XX por Pierre Dansereau (1957), um agrônomo canadense que definiu o conceito de _____ e as diversas _____ de mudança de um ecossistema _____até atingir o clímax.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas:

a) Interferência; será; etapas; natural.

b) Interferência; antroposera; etapas; humano.

c) Auxílio; será; etapas; natural.

d) Auxílio; antroposera; etapas; humano.

e) Interferência; será; etapas; humano.

Seção 4.2

Integrando sustentabilidade e ecologia

Diálogo aberto

Caro aluno, na seção anterior estudamos a respeito das interferências causadas pelo homem ao meio ambiente e do conceito de sustentabilidade, com um breve panorama histórico acerca da concepção do termo e, também, de sua importância. Todos esses temas são fundamentais para compreendermos a dinâmica do tripé da sustentabilidade e como ele se enquadra na nossa atualidade.

Para dar continuidade à competência geral de entender o que é sustentabilidade e integrar essa temática à Ecologia, assumiremos os seguintes objetivos específicos: compreender as principais causas dos problemas ambientais que enfrentamos; compreender os três princípios da sustentabilidade sob aspectos ecológicos; e assimilar a necessidade da racionalidade ambiental e cultural, importantes fatores para a sustentabilidade.

Nosso último contexto de aprendizagem coloca você na posição de um presidente de uma Organização Não Governamental (ONG) que atua em diversas áreas, entre elas a ambiental. Você e sua equipe defendem um projeto que busca uma solução, a partir da sustentabilidade, de um grave problema ambiental que prejudica a população local. Trata-se da elevada quantidade de lixo (resíduos sólidos urbanos) gerada no município onde você reside, que já esgotou a vida útil do aterro e atualmente exporta seu lixo para outros lugares.

Neste sentido, você decidiu elaborar um projeto teórico sobre a sustentabilidade aliada à Ecologia, para que os representantes populares e governamentais compreendam a importância dessa temática. O projeto foi dividido em três etapas e, agora, você deverá focar na segunda, que é a elaboração do tópico sobre Ecologia sustentável.

As questões que você precisa refletir ao longo desta seção para construir a segunda etapa do projeto teórico são: Quais as principais causas dos problemas ambientais na atualidade? Quais os princípios

da sustentabilidade? Como esses princípios podem ser aliados à Ecologia? Por que a cultura é um fator importante no contexto de sustentabilidade?

Com a finalidade de ajudá-lo, veremos os seguintes tópicos: as principais causas dos problemas ambientais e os três princípios ou aspectos sustentáveis que encontramos na natureza; o que é a importância da racionalidade ambiental; e o papel da cultura neste cenário de mudanças.

Não pode faltar

A introdução do conceito de sustentabilidade, com base em um cenário construído por diversos movimentos internacionais no momento da primeira grande crise ambiental mundial, foi muito importante para a humanidade iniciar um processo de mudança relacionado ao meio ambiente. A sustentabilidade, vista na Seção 4.1, representa a tentativa de buscar a sobrevivência, prosperidade e adaptação dos sistemas naturais e humanos de acordo com as mudanças que virão a longo prazo. Nesse contexto, o tripé da sustentabilidade – que envolve a economia, o ambiente e a sociedade – faz total sentido, pois são nessas esferas que deverão ocorrer as principais mudanças de paradigmas para evoluirmos em nível global.

Para continuar a construção de um conhecimento acerca da sustentabilidade, precisamos conhecer e discutir brevemente as causas dos principais problemas ambientais que vivemos hoje. Um problema ambiental pode ser definido como perturbações que ocorrem em relação à natureza ou ao meio ambiente e usualmente envolve morte de organismos, perda de qualidade de vida e prejuízos econômicos. Especialistas apontam que as maiores causas dos problemas ambientais são: o crescimento populacional, o uso não sustentável ou ineficiente de recursos que, muitas vezes, não são renováveis, a pobreza e a não inclusão dos custos ambientais nos bens e serviços. No decorrer deste livro didático, alguns apontamentos a respeito dessas causas já foram feitos e agora aprofundaremos essa discussão.

Assimile

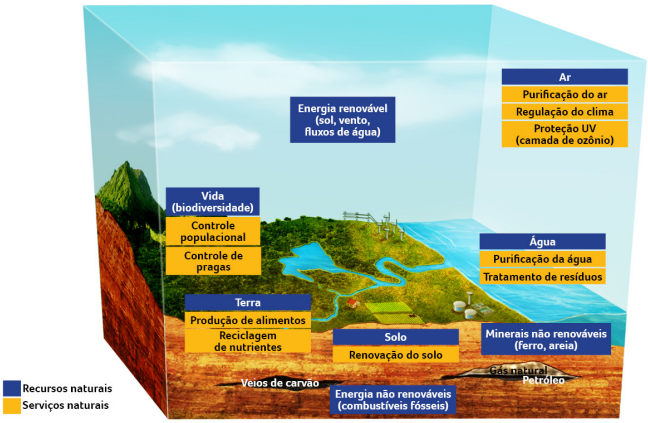
O crescimento populacional, o uso não sustentável ou ineficiente de recursos que, muitas vezes, não são renováveis, a pobreza e a não inclusão

dos custos ambientais nos bens e serviços são as principais causas dos problemas ambientais.

O crescimento da população humana foi utilizado como exemplo de crescimento exponencial na Seção 2.1. Lembre-se de que este pode ser denominado como o aumento fixo da população por unidade de tempo. Em 2010, havia cerca de 6,9 bilhões de pessoas no planeta e, considerando-se que a cada ano nascem cerca de 80 milhões de humanos, espera-se atingir a marca de 9,6 bilhões de pessoas no mundo em 2050. Devemos avaliar se temos condições de gerir essa quantidade de vida no planeta, pois as pessoas que vão nascer precisarão de alimento, água, saneamento básico, entre outras coisas, e todas essas necessidades estão envolvidas com a capacidade do ambiente em gerir tais recursos para a sociedade.

A segunda principal causa de problemas ambientais é uso insustentável e ineficiente de recursos naturais (água, ar, energia renovável, solo, biodiversidade etc.) que podem prejudicar o equilíbrio ambiental do planeta. Além dos recursos naturais, temos os serviços ambientais, que podem ser compreendidos como os benefícios que a sociedade obtém da natureza, seja direta ou indiretamente. Observe na Figura 4.3 a descrição dos recursos e serviços naturais.

Figura 4.3 | Exemplos de recursos naturais e serviços ambientais



Fonte: adaptada de Miller e Spoolman (2012, p. 9).

Vivemos a cultura do consumo e desperdício. A economia brasileira está embasada no elevado nível de desperdício de recursos energéticos e naturais, pois não buscamos utilizar as alternativas mais econômicas para extrair as matérias-primas necessárias e, também, não temos o hábito da reciclagem de resíduos incorporado em nossa cultura. Sabemos, portanto, que a redução desse desperdício poderá trazer um grande desenvolvimento para o Brasil, que será fonte de bons negócios.

Exemplificando

Você já ouviu falar da camiseta feita de Politereftalato de Etileno (PET)?

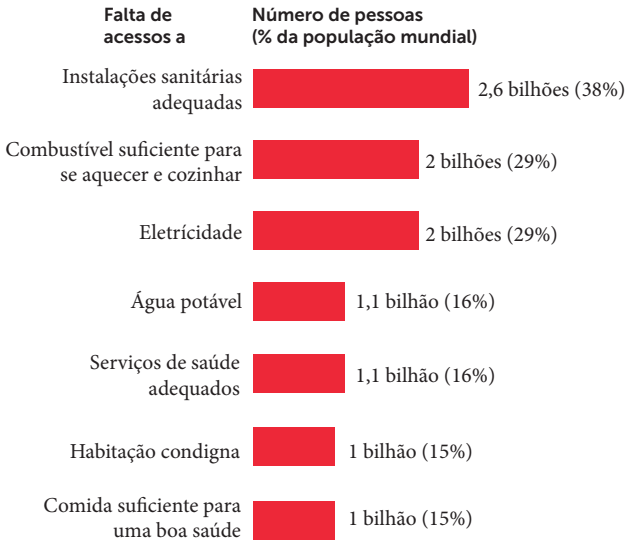
Trata-se de uma alternativa sustentável para a reciclagem e reutilização de garrafas PET, que também pode baratear os processos de confecção de produtos, popularizando ações positivas em todo o mundo.

A terceira causa de problemas ambientais é a pobreza, descrita como estado de carência do básico para sobrevivência e dignidade humana. A infraestrutura básica é parte essencial da qualidade de vida dos cidadãos e, também, importante para a economia do local. Sendo assim, na ausência ou deficiência das estruturas básicas, outras áreas são afetadas, como saúde e ambiente.

A Figura 4.4 apresenta as principais carências relacionadas à pobreza no mundo. Os pobres também precisam dos recursos naturais para sobreviver, entretanto, por viverem marginalizados, muitas vezes não possuem condições adequadas para buscar esses recursos. Assim, acabam explorando os recursos naturais de forma precária e, muitas vezes, incorreta.

A pobreza pode aumentar a degradação ambiental e vice-versa, prejudicando ainda mais a qualidade de vida das classes menos favorecidas. Por exemplo, o esgoto sem tratamento adequado pode contaminar a água potável e ocasionar doenças na população.

Figura 4.4 | Pobreza e degradação ambiental



Fonte: adaptada de Miller e Spoolman (2012, p. 22).

A partir da imagem, notamos que o problema da pobreza precisa ser combatido rapidamente. Alguns autores relatam que a relação entre pobreza e degradação ambiental é tão complexa que é difícil ter as reais dimensões dos impactos causados. Entretanto, não podemos deixar de discutir profundamente tais questões e buscar reduzir a pobreza a nível mundial para melhorar as condições ambientais locais.

Reflita

Um mundo no qual a pobreza é endêmica estará sempre sujeito a catástrofes ecológicas ou de outra natureza?

O último tópico sobre a causa dos problemas ambientais está relacionado à não precificação dos custos ambientais para produzir determinado bem por uma empresa. A maximização de lucros é o principal objetivo destas empresas, assim, elas degradam o ambiente em detrimento da qualidade de vida das pessoas. Mas até quando esse sistema será aceito pela população, que é a principal afetada nesse ciclo?

Pesquise mais

Para aprofundar mais o tema dos custos ambientais, leia o artigo a seguir:

AZEVEDO, Denise Barros de, GIANLUPPI, Luciana Dal Forno; MALAFAIA, Guilherme Cunha. Os custos ambientais como fator de diferenciação para as empresas. **Perspectiva econômica**, v. 3, n. 1, p. 82-95, jan./jun. 2007. Disponível em: <http://www.revistas.unisinos.br/index.php/perspectiva_economica/article/view/4357>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Serão necessárias fortes regulamentações para as ações empresariais, visando à manutenção do equilíbrio ambiental dentro de um patamar aceitável. Somente assim poderá se quantificar o valor do serviço proporcionado pela natureza perdido pela degradação ambiental e internalizar os custos da degradação para a produção do bem ou disponibilidade de serviço. É necessário, então, que exista uma adequada gestão dos recursos nos níveis macro e microeconômico. Qualquer forma de gestão a ser desenvolvida pelos gestores demandará maior responsabilidade e equilíbrio dos custos e benefícios socioambientais de determinado bem ou serviço.

Reflita

É justo que uma madeireira arque apenas com os gastos relacionados à derrubada de florestas? Quem paga o custo da degradação do solo ou da perda de habitat da vida silvestre?

Agora que já conhecemos e discutimos um pouco a respeito das causas dos problemas ambientais, é pertinente avaliarmos os aspectos sustentáveis que encontramos na natureza e que podem, dessa forma, integrar as duas temáticas: Ecologia e sustentabilidade. São três os aspectos relevantes:

- **Biodiversidade**: a variedade de organismos vivos e os sistemas em que eles vivem e interagem são importantes para a estabilidade do sistema global. Os serviços naturais, fornecidos pelo ambiente e seus organismos, são fundamentais para a manutenção de vida no planeta. Algumas teorias afirmam que a biodiversidade é responsável pela possibilidade de existência de vida na Terra e sem ela muito do que conhecemos hoje poderia não ter existido.

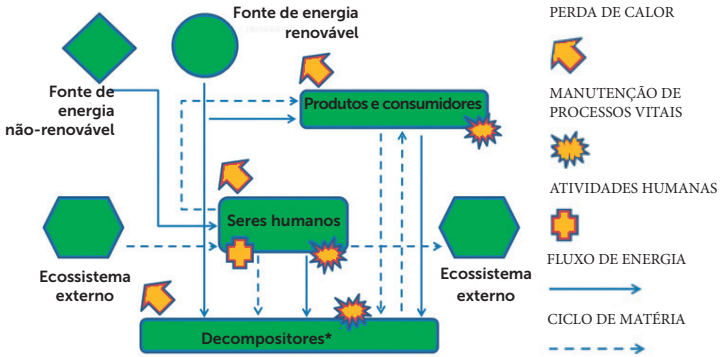
- **Energia solar**: a energia solar, principal fonte de energia externa em um sistema natural, concede condições ideais para a realização da fotossíntese, processo desempenhado pelas plantas que fornece os nutrientes ou as substâncias químicas fundamentais para a vida dos outros organismos na terra. Adicionalmente, o sol pode fornecer condições para criar outras formas de energia, como a eletricidade.

- **Ciclagem de nutrientes**: a circulação de elementos ou compostos químicos entre os organismos vivos e o ambiente já foi revisada recentemente por nós e esse é o último aspecto da sustentabilidade que abordaremos. A Terra não recebe novo suprimento desses nutrientes e, dessa forma, a sua ciclagem por tempo indefinido é necessária para a dinâmica do planeta.

Os aspectos supracitados, embora respeitados em um ecossistema natural, não são considerados no ecossistema humano. Ao observar a Figura 4.5, que representa um ecossistema urbano, percebemos que ele não é sustentável e não respeita os três aspectos sustentáveis.

A figura mostra que o homem necessita de outras fontes de energia, além do sol, para suprir suas necessidades, muitas delas não renováveis. Adicionalmente, para suprir suas necessidades de matéria, o homem precisa explorar ambientes externos ao seu e, em seguida, deposita os resíduos de sua matéria consumida em um ambiente externo novamente. Assim, não verificamos um ciclo de matéria em que tudo que se é produzido é também reaproveitado. Para finalizar, embora não exemplificado na figura a seguir, o homem, para manter a realização de seus "processos vitais", não avalia a importância da manutenção de vida de outras espécies que habitam o planeta.

Figura 4.5 | Fluxo de energia e ciclo de matéria em ecossistema urbano não sustentável



Fonte: adaptada de Netto e Silva (2011, p. 11).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas (sigla em inglês IPCC) divulgou dados alarmantes no período de 2006-2008 que provocaram debates sobre as questões ambientais em todo o mundo. Não há hoje tema tão preocupante como o do aquecimento global e as consequentes mudanças climáticas associadas a tal fenômeno.

A fim de ampliar tal debate e compor mudanças na sociedade, autores têm desenvolvido o pensamento sustentável. Dentro das propostas vigentes, a de Enrique Leff (2002), denominada **racionalidade ambiental**, será apresentada sucintamente neste livro, por ser inovadora, realista e objetiva. Tal proposta fundamenta-se em três aspectos: busca de uma ecotecnologia com base nos ritmos e ciclos ecológicos, sob uma perspectiva técnica de desenvolvimento para a sociedade; uma produção destinada à satisfação das necessidades básicas, a qual seria contrária à lógica do mercado; e reapropriação social da natureza a partir de formas de democracia participativa direta, que estaria fundamentada em práticas tradicionais resultantes das cosmovisões e culturas que têm um comportamento mais harmônico (sustentável) com a natureza.

Aliada a toda essa visão da racionalidade ambiental, a especificidade do local será muito importante como variável para as ações, visando regular a economia segundo as necessidades, as possibilidades e a participação local.

Pesquise mais

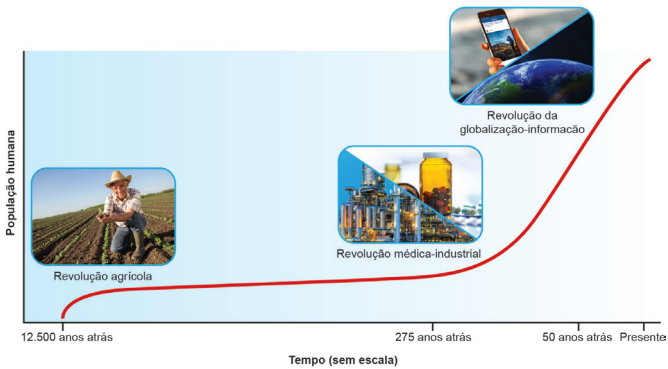
Para compreender melhor a racionalidade ambiental, leia o artigo a seguir, que aborda o tema, relacionando-o com a agroecologia:

LEFF, Enrique. Agroecologia e saber ambiental. Revista Agroecologia e Desenvolvimento **Rural Sustentável,** Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 36-51, 2002. Disponível em: <http://www.pvnocampo.com.br/agroecologia/agroecologia_e_saber_ambiental.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Resumidamente, como o próprio Leff (2002) sugere, a racionalidade ambiental integra não só o pensamento, mas, também, os valores de uma economia fundamentada na produtividade ecotecnológica sustentável. Neste sentido, está totalmente integrada ao fator cultural da sociedade. Mas você já se perguntou o que realmente é cultura?

Vários significados foram propostos para essa palavra, mas podemos trazer um conceito geral proposto por Edward B. Tyllor, que diz: cultura é todo aquele complexo que inclui o conhecimento, as crenças, a arte, a moral, a lei, os costumes e todos os outros hábitos e capacidades adquiridos pelo homem como membro da sociedade (LARAIA, 1986). A cultura pode dizer muito a respeito de uma sociedade e é um fator dinâmico, ou seja, muda com o tempo. Observe a Figura 4.6, que representa uma associação entre o crescimento populacional e os eventos que mudaram significativamente a cultura da sociedade.

Figura 4.6 | Revoluções na história da humanidade que influenciaram a cultura e, também, o crescimento populacional mundial



Fonte: Miller e Spoolman (2012, p. 19).

A figura mostra que as revoluções agrícola, médica-industrial e globalização-informação ocorreram na história da humanidade para mudar consideravelmente os hábitos e a cultura de forma geral, influenciando seu atributo de crescimento. Dessa forma, não podemos ignorar a importância da incorporação dos valores da sustentabilidade em nossa cultura, que está mudando cada vez mais rápido.

O que deve mudar no comportamento e nas atitudes do dia a dia de um cidadão é a preocupação de quem quer fazer a diferença e agir. Adicionalmente, as crenças das pessoas sobre o que diz respeito à sustentabilidade são questões que atingem diretamente seu estilo de vida. Sendo assim, buscar uma responsabilidade compartilhada em determinados problemas ambientais, sociais e econômicos parece a alternativa mais prática para resolver, mesmo a médio e longo prazo, problemas que são sérios na atualidade (desperdício de recursos naturais, produção sustentável de bens e serviços, consumismo etc.).

Pesquise mais

Para assimilar melhor a importância da cultura no âmbito de mudança de paradigmas ambientais, leia o artigo a seguir:

VECCHIATTI, Karin. Três fases rumo ao desenvolvimento sustentável: do reducionismo à valorização da cultura. **São Paulo em perspectiva**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 90-95, set. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392004000300010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Sem medo de errar

Vamos agora aplicar os conhecimentos adquiridos na resolução da situação proposta no início da seção. Vamos recordá-la.

Você e sua equipe da ONG defendem um projeto que busca a solução, a partir da sustentabilidade, de um grave problema ambiental que prejudica a população local: a elevada quantidade de lixo gerada no município onde você reside, que já esgotou a vida útil do aterro e atualmente exporta seu lixo para outros lugares. Neste sentido, vocês devem elaborar um projeto teórico sobre a sustentabilidade aliada à Ecologia para que os representantes

populares e governamentais compreendam a importância dessa temática. O projeto foi dividido em três etapas e você deverá focar agora na segunda, que é a elaboração do tópico sobre Ecologia sustentável.

Para construir esse tópico, responda aos questionamentos a seguir: Quais as principais causas dos problemas ambientais na atualidade? Quais os princípios da sustentabilidade e como eles podem ser aliados à Ecologia? Por que a cultura é um fator importante no contexto de sustentabilidade?

Inicialmente, percebemos que as questões são fundamentalmente teóricas e, neste sentido, num primeiro momento, você pode respondê-las separadamente, buscando recordar o conteúdo e sumariá-lo. Num segundo momento, visando cumprir a elaboração do tópico sobre Ecologia sustentável, é necessário fazer um texto único acerca do tópico central.

A primeira pergunta questiona quais são as principais causas dos problemas ambientais que enfrentamos na atualidade. São quatro causas, de acordo com os especialistas:

✓ O crescimento populacional.

✓ O uso não sustentável ou ineficiente de recursos que, muitas vezes, não são renováveis.

✓ A pobreza.

✓ A não inclusão dos custos ambientais nos bens e serviços.

Embora não tenha sido solicitado na questão, é muito importante saber o porquê dessas causas serem consideradas as principais. O crescimento populacional exige mais recursos para suprir as necessidades dos novos habitantes, o que confere maior pressão sobre esses elementos. Diretamente ligados a esse fator estão a falta de preocupação no uso sustentável dos recursos naturais e o uso indiscriminado de recursos não renováveis, gerando desperdício. Paralelamente, a pobreza está diretamente correlacionada à degradação ambiental, pois a população, desprovida de recursos naturais básicos para sua sobrevivência, acaba causando ações danosas ao meio ambiente. E, para finalizar, a não inclusão dos

custos ambientais nos bens e serviços gera um desequilíbrio em relação aos atos das empresas e as consequências de suas ações.

A segunda pergunta questiona a integração entre sustentabilidade e Ecologia e, neste sentido, precisamos resumir alguns aspectos. Como vimos, a sustentabilidade está relacionada ao uso dos recursos naturais no presente de tal forma que não se comprometa o seu uso pelas futuras gerações. Sendo assim, inclua em seu projeto que devemos avaliar os esforços que o meio ambiente realiza para manter os seus processos ocorrendo de forma contínua e equilibrada. Existem três aspectos ambientais sustentáveis a serem analisados: a fonte de energia solar, a biodiversidade e o ciclo de matéria. Mencione que sua equipe e todos da sociedade podem avaliar os ecossistemas humanos sob esses três aspectos destacados, promovendo a sustentabilidade e buscando solucionar os problemas verificados.

A última pergunta remete a um tema que é pouco discutido pela população: a cultura. Sendo assim, defina em seu documento que cultura é todo aquele complexo que inclui o conhecimento, as crenças, a arte, a moral, a lei, os costumes e todos os outros hábitos e capacidades adquiridos pelo homem como membro da sociedade. É importante mencionar, também, que a cultura é algo dinâmico, ou seja, muda com o tempo e de acordo com os acontecimentos, apontando características específicas de uma sociedade.

O fator cultural passa a ser um ponto central na questão da sustentabilidade, visto que ela demandará mudanças na conduta do dia a dia da sociedade e a incorporação da racionalidade ambiental para a quebra de paradigmas antigos. A partir dessas ações sustentáveis, novos valores serão almejados e a sustentabilidade será incorporada de forma natural às futuras gerações.

Avançando na prática

É necessário começar

Descrição da situação-problema

"No passado nós nos acostumamos a pensar na cidade como criação humana totalmente separada do ambiente natural. Entretanto, hoje percebemos que não somos autônomos". Essas palavras foram

ditas pelo Sr. Francisco, cidadão de um município brasileiro que defendia mudanças na estrutura e gestão de sua cidade, da qual você é analista ambiental da prefeitura. Sr. Francisco e os demais moradores defendiam três causas: o retorno do transporte sobre trilhos, porém utilizando energia fotovoltaica e não mais carvão; o saneamento e tratamento de esgoto antes de chegar ao principal rio da cidade; e o projeto de arborização urbana com aumento de área permeável na cidade.

Agora, você deve avaliar os seguintes quesitos: esses três pontos estão relacionados ao conceito de sustentabilidade e são importantes para o começo de uma cidade sustentável? Por quê? Como eles contribuem? A atitude dos cidadãos pode ser considerada um indicativo de mudança cultural?

Resolução da situação-problema

Levando em consideração que o termo "sustentabilidade" se refere ao uso dos recursos naturais no presente de tal forma que não se comprometa o seu uso pelas futuras gerações, podemos dizer que as três propostas defendidas pelos cidadãos são sustentáveis. As ideias respeitam os três princípios da sustentabilidade adaptados à Ecologia, que são: biodiversidade, energia solar e ciclagem de nutrientes, podendo beneficiar os processos que atualmente são insustentáveis. O transporte sobre trilhos utilizando a energia solar, além de ser ecologicamente correto, é uma solução muito interessante para aumentar a capacidade do transporte público de passageiros, diminuindo o trânsito de automóveis nos centros urbanos. O tratamento de esgoto antes de chegar ao rio também é uma iniciativa que irá beneficiar o ecossistema aquático e a recuperação da área, possibilitando o retorno da pesca e lazer no local. Por fim, a arborização urbana adequada pode contribuir para qualidade de vida da população, propiciando conforto térmico, drenagem da água da chuva e atração de diversos animais ao local.

O forte engajamento da população, como a atitude de Sr. Francisco, mostra uma tendência de mudança cultural em relação à sustentabilidade, que deve ser valorizada e não desmerecida. Afinal, todo o complexo que inclui o conhecimento, as crenças, a arte, a moral, a lei, os costumes e todos os outros hábitos e capacidades adquiridos pelo homem como membro da sociedade são considerados como partes de uma cultura que é expressa no dia a dia da sociedade.

Faça valer a pena

1. Um problema ambiental causa um desequilíbrio no meio ambiente, em sua maioria causado ou agravado pelas ações humanas. Anualmente, muitas vidas humanas são colocadas em risco devido a esses problemas que, em alguns casos, apresentam causas conhecidas, sendo necessário mudar essa situação.
Assinale a alternativa que contém dois exemplos das principais causas de problemas ambientais no mundo:
a) Crescimento populacional e descaso público.
b) Pobreza e crescimento populacional.
c) Descaso público e mudanças climáticas.
d) Crescimento populacional e mudanças climáticas.
e) Pobreza e mudanças climáticas.

2.

> **A aglomeração de população em áreas urbanas está gerando grandes centros com 15 milhões de habitantes ou mais. Esses centros de alta densidade populacional demandam maiores recursos, energia e infraestrutura, além de criarem problemas complexos de caráter ambiental, econômicos e principalmente social (LICENCIAMENTO AMBIENTAL, 2009, [s.p.]).**

O texto possui um trecho destacado que pode ser relacionado a duas causas principais dos problemas ambientais a nível mundial. Assinale a alternativa que contém essas causas:
a) Pobreza e crescimento populacional.
b) Crescimento populacional e não inclusão dos custos ambientais nos bens e serviços.
c) Crescimento populacional e uso não sustentável ou ineficiente de recursos.
d) Pobreza e não inclusão dos custos ambientais nos bens e serviços.
e) Não inclusão dos custos ambientais nos bens e serviços e uso não sustentável ou ineficiente de recursos.

3. Além dos _____ ambientais (água, ar, energia renovável, solo, biodiversidade etc.) temos os _____ ambientais, que podem ser compreendidos como os benefícios que a sociedade obtém a partir da natureza, seja ele um benefício _____ ou _____.
Assinale a alternativa que contém os termos que preenchem as lacunas corretamente:
a) Serviços; recursos; bom; mau.
b) Recursos; serviços; parcial; integral.
c) Problemas; recursos; parcial; integral.
d) Recursos; serviços; direto; indireto.
e) Recursos; problemas; direto; indireto.

Seção 4.3

Sociedades sustentáveis

Diálogo aberto

Caro aluno, finalizamos com esta seção o livro de Ecologia e Sustentabilidade e esperamos que o conteúdo apresentado tenha contribuído para a sua formação profissional. Ao final desta unidade, você finalmente adquirirá a competência de conhecer os três níveis de organização da Ecologia (ecossistemas, comunidades e população) e integrá-los à sustentabilidade.

No início da unidade vimos o que é sustentabilidade e voltamos ao passado para saber mais da história desse conceito. Em seguida, integramos a temática a três princípios sustentáveis que mantêm o equilíbrio do meio ambiente, além de introduzir a racionalidade ambiental e discutir o papel da cultura na mudança de atitudes diárias na nossa sociedade em busca da sustentabilidade. Agora, nossos objetivos específicos são: compreender o que é ecodesenvolvimento e conhecer as medidas de manejo em diferentes níveis de organização ecológica.

No nosso contexto de aprendizagem você é presidente de uma Organização Não Governamental, que em busca de uma solução para diminuir a quantidade de lixo gerada no município onde reside produziu um projeto de compostagem urbana e de criação de cooperativas de reciclagem de materiais. Embora tenha sido muito elogiado, o projeto precisa ser aceito pelos representantes políticos do município e pela população. Visando explicar a necessidade de iniciativas sustentáveis para problemas ambientais na região, vocês decidem elaborar um projeto teórico sobre a sustentabilidade aliada à Ecologia. O projeto foi dividido em três etapas e você já cumpriu as duas primeiras, que foram o desenvolvimento do tópico sobre o conceito de sustentabilidade e sua origem e a elaboração do tópico sobre ecologia sustentável. Para finalizar sua tarefa, a terceira etapa compreenderá a preparação do tópico sobre o ecodesenvolvimento e manejo sustentável.

As questões que deverão ser refletidas, respondidas e pontuadas no projeto teórico são: O que é o pensamento crítico? Qual o seu objetivo? O que é ecodesenvolvimento? O que é manejo sustentável? Como o manejo pode estar aliado à proposta do projeto teórico?

Com a finalidade de ajudá-lo em sua tarefa, os seguintes temas serão abordados: ecodesenvolvimento e pensamento crítico, manejo em nível de população, comunidade e ecossistema.

Bons estudos!

Não pode faltar

A introdução do conceito de sustentabilidade, com base em um cenário construído por diversos movimentos internacionais no momento da primeira grande crise ambiental mundial foi muito importante para a humanidade iniciar um processo de mudança relacionado ao meio ambiente. A sustentabilidade, vista na Seção 4.1, representa a tentativa de buscar a sobrevivência, prosperidade e adaptação dos sistemas naturais e humanos de acordo com as mudanças que virão ao longo prazo. Neste contexto, o tripé da sustentabilidade – que envolve a economia, o ambiente e a sociedade – faz total sentido, pois são nessas esferas que deverão ocorrer as principais mudanças de paradigmas para evoluirmos em nível global.

Para continuar a construção de um conhecimento acerca da sustentabilidade, precisamos conhecer e discutir brevemente as causas dos principais problemas ambientais que vivemos hoje. Um problema ambiental pode ser definido como perturbações que ocorrem em relação à natureza ou ao meio ambiente e usualmente envolve morte de organismos, perda de qualidade de vida e prejuízos econômicos. Especialistas apontam que as maiores causas dos problemas ambientais são: o crescimento populacional, o uso não sustentável ou ineficiente de recursos que, muitas vezes, não são renováveis, a pobreza e a não inclusão dos custos ambientais nos bens e serviços. No decorrer deste livro didático, alguns apontamentos a respeito dessas causas já foram feitos e agora aprofundaremos essa discussão.

Assimile

O pensamento crítico pode ser simbolicamente resumido como um processo complexo de determinação cuidadosa e deliberada sobre aceitar, rejeitar ou suspender o julgamento acerca de uma dada afirmação, analisando seu grau de confiança. Esse pensar é uma necessidade na sociedade contemporânea que é constantemente "bombardeada" por informações.

O objetivo do pensamento crítico pode ser resumido em analisar realidades a partir de fatos concretos, excluindo sempre que possível qualquer subjetividade gerada por crenças particulares. Pensar de forma íntegra e crítica não é pertinente somente em determinadas áreas ou situações, é necessário assumir essa postura em todos os setores de nosso desenvolvimento, incluindo sustentabilidade, problemas ambientais, entre outras causas.

Reflita

Levando em consideração as características do pensamento crítico, em quais assuntos relacionados à vida humana ele seria útil? Como você considera que essa forma de pensar poderia auxiliar no tripé da sustentabilidade (econômico, ambiental e social)?

Pesquise mais

Para compreender detalhadamente o pensamento crítico, faça a leitura seguinte artigo:

CANAL, Rodrigo. O significado de pensamento crítico. **Perspectivas em Ciências Tecnológicas**, Pirassununga, v. 2, n. 2, p. 49-74, 2013. Disponível em: <http://www.fatece.edu.br/arquivos/arquivos%20revistas/perspectiva/volume2/4.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2017.

A partir da formação do pensamento crítico, críticas aos sistemas vigentes começam a surgir em diferentes seguimentos da sociedade e, nesse cenário, estruturam-se duas visões a respeito da problemática ambiental, que chegou ao limite de sua crise em meados da década de 1970. A primeira delas se opõe ao modelo de produção capitalista, pois acredita que as condições que levam à degradação ambiental têm causas econômicas e políticas. Já a

segunda defende que o cerne dos problemas ambientais está ligado ao desperdício de matéria e energia, tornando-se um limitador para a expansão da economia e para o crescimento do mercado. A partir dessas visões, surgem dois termos ou conceitos que podem parecer muito similares, mas é importante conhecermos suas peculiaridades: ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável.

Antes de qualquer explanação, devemos refletir sobre o que compreende o desenvolvimento humano. De acordo com a PNUD (1998), o desenvolvimento humano é um processo abrangente do exercício do direto de fazer escolhas individuais em diversas áreas (econômica, política e social), sendo que algumas delas são básicas para a vida humana. Sendo um conceito tão amplo, não é difícil imaginar que pessoas tenham diferentes opiniões em relação a como deve ocorrer o desenvolvimento humano.

A primeira visão que busca mudanças na perspectiva de desenvolvimento é denominada ecodesenvolvimento, sendo seu criador e assíduo defensor Ignacy Sanchs, economista e sociólogo polonês. O termo foi mencionado pela primeira vez por Maurice Strong, na Conferência Internacional sobre o Meio Ambiente, promovida pela ONU, em Estocolmo (1972), com o objetivo de refletir sobre o paradigma de que os aspectos econômicos não devem estar dissociados dos problemas sociais e ambientais das cidades. Visando fundamentar a sua proposta, Sanchs formulou cinco pilares da sustentabilidade no escopo de ecodesenvolvimento:

- **Social**: refere-se à valorização da redução das diferenças sociais em busca do desenvolvimento em sua multidimensionalidade.

- **Econômica**: envolve a manutenção da capacidade produtiva dos ecossistemas e está fundamentada na captação e gestão eficientes dos recursos, com investimentos públicos e privados.

- **Ecológica**: compreende a preservação dos recursos naturais enquanto base da biodiversidade.

- **Territorial**: refere-se à distribuição espacial dos recursos das populações e das atividades, uma configuração urbana e rural equilibrada.

- **Cultural**: voltada para as especificidades culturais, identidades e tradições das comunidades locais.

O ecodesenvolvimento, para seu criador, compreende um projeto de civilização, pois possui um conjunto de valores próprios e alia grandes conflitos no contexto da sociedade mundial. As cidades são ecossistemas e seus recursos devem ser usados, mas ao mesmo tempo preservados, em benefício da população. As modificações são sempre pensadas para promover a melhoria dos ecossistemas utilizados pelo homem, até mesmo em países de terceiro mundo que, muitas vezes, ainda são explorados pelas potências mundiais e buscam um desenvolvimento errôneo, na opinião de Sanchs, que levará à desigualdade social e degradação ambiental.

O desenvolvimento sustentável, por sua vez, pode ser generalizado como uma alternativa de análise que busca novas abordagens para construir um caminho harmônico entre desenvolvimento econômico e meio ambiente. Está fundamentado no pensamento crítico, pois, assim como o ecodesenvolvimento, busca analisar a realidade a partir de fatos concretos e não apenas por crenças populares. Esse conceito também possui algumas peculiaridades. De acordo com especialistas, exige um conhecimento mais detalhado sobre os recursos naturais, a capacidade dos ecossistemas e as interações entre os sistemas sociais, econômicos, políticos e ambientais.

A história do desenvolvimento sustentável evoluiu consideravelmente em 1983, com a criação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), também conhecida como Comissão Brundtland, que apresentou o relatório "Nosso Futuro Comum", expressando estratégias práticas sobre o conceito. Esse conceito acredita e deixa claro que o crescimento econômico pode continuar indefinidamente no mesmo ritmo, entretanto, é necessário que ocorram modificações tecnológicas no sentido de tornar os insumos energéticos mais econômicos e eficientes.

Conclui-se, então, que ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável têm muitos pontos em comum, mas também apresentam diferenças conceituais quando se trata da questão de economia e do tipo de desenvolvimento que se almeja para a humanidade.

Pesquise mais

Procure mais informações sobre o ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável nos seguintes artigos:

- LAYRARGUES, Philippe Pomier. Do ecodesenvolvimento ao desenvolvimento sustentável: evolução de um conceito? **Proposta**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 71, p. 5-10, 1997. Disponível em: <https://xa.yimg.com/kq/groups/21784100/1247355355/name/Layrargues.PDF>. Acesso em: 6 fev. 2017.

- OLIVEIRA, Daiana Félix de; MONTEIRO, Luciana Vasconcelos G. Ecodesenvolvimento: uma abordagem sob o contributo de Ignacy Sachs. **Revista de Direito, Economia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 1, n. 2, p. 29-48, 2015. Disponível em: <http://www.indexlaw.org/index.php/revistaddsus/article/view/939>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Independentemente da vertente vigente, a necessidade de sustentabilidade é uma realidade e, neste cenário, várias iniciativas interessantes surgiram nas últimas décadas. Uma delas é genericamente denominada **manejo sustentável**. Essa prática possui diversos enfoques, desde agrícola, por meio da execução de procedimentos ou operações que interferem nas condições ambientais de um determinado local, visando aumentar a produtividade, melhorar a qualidade e agregar valores à matéria-prima, até conservacionista, a partir da execução de qualquer procedimento que vise assegurar a conservação da diversidade biológica e dos ecossistemas. Hoje, o manejo sustentável atua no planejamento das operações em determinada área, prevendo a continuidade da disponibilidade dos recursos naturais.

Exemplificando

De acordo com a legislação brasileira o uso sustentável pode ser realizado a partir da " exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável" (BRASIL, 2000, on-line).

O manejo pode ser direcionado a diferentes organismos, a um conjunto de organismos ou até mesmo aos fatores abióticos que compõem o meio ambiente. Você recorda que existe uma abordagem ou aplicação específica para cada um dos níveis hierárquicos de

organização ecológica, com base na compreensão e utilização de algum conceito cabível? Pois bem, veremos alguns exemplos a seguir.

Vamos iniciar com dois exemplos ao nível hierárquico de população, com foco em manejo de uma espécie. O primeiro exemplo é o de manejo de espécie exótica invasora, tema muito atual que é tratado constantemente como uma preocupação global entre os ecólogos. Uma espécie exótica invasora é definida como aquela que ameaça ecossistemas, habitats ou espécies, seja por suas vantagens competitivas e/ou favorecidas pela ausência de inimigos naturais e têm capacidade de se proliferar e invadir ecossistemas, sejam eles naturais ou antropizados (CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA, 2016). Ao verificar uma espécie invasora, é necessário compreender quais fatores estão favorecendo a sua ocorrência naquele novo ambiente e procurar manejá-la para que sua população seja retirada ou, no mínimo, controlada e não prolifere. Neste sentido, compreender o nicho da espécie (conceito visto na segunda unidade deste livro didático) pode ser um ponto importante, pois possibilitará definir os fatores que são fundamentais para a espécie sobreviver.

Outro exemplo de manejo populacional é a exploração de algum recurso oferecido por uma espécie de tal forma que não se prejudique o ciclo desse organismo que está sendo utilizado pelo homem. Observe na Figura 4.7 um exemplo de espécie exótica invasora (leucena), que prejudica nossa flora nativa, e uma espécie nativa com fruto comestível (açaí), manejada de forma sustentável e que gera renda para os agricultores.

Figura 4.7 | (A) Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit (leucena), espécie exótica invasora e Euterpe oleracea; (B) Mart. (açaí), espécie nativa com frutos comestíveis

Fonte:.<http://www.istockphoto.com/br/foto/leucaena-leucocepphala-gm576602720-99080913?st=_p_leucaena>; <http://www.istockphoto.com/br/foto/cacho-de-a%C3%A7a%C3%AD-gm506220112-84108745?st=_p_aai>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Ao avaliarmos o manejo em nível hierárquico de comunidade e ecossistemas, passaremos a considerar, respectivamente, uma ampla gama de organismos vivos e os fatores abióticos que compõem o meio em que vivem. Desse modo, a complexidade do manejo aumenta, mas mesmo assim existem vários exemplos de iniciativas que tiveram sucesso e, neste sentido, podem ser reproduzidas e melhoradas, se possível.

Uma dessas alternativas é o manejo com a finalidade de restauração ecológica. A restauração é definida pela legislação brasileira como a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original (BRASIL, 2000 on-line).

Na atualidade, especialistas concluem que é desejável no processo de restauração atingir um estágio sucessional estável do ecossistema, considerando a recuperação não só da vegetação, mas, também, das espécies animais. Ao recuperar uma comunidade ou ecossistema, além da preocupação de criar condições próximas do original, devemos ter a cutela de fornecer condições ao ambiente para que consiga se manter sozinho no futuro, ou seja, continuar o processo de sucessão e não depender de intervenções humanas. Para atingir tal meta, podemos somente retirar os fatores de perturbação da área e deixar que a sucessão natural ocorra. Entretanto, devemos ter consciência de que essa ação é demorada e pode levar décadas para se atingir o resultado desejado. Existem opções para acelerar a sucessão natural, como a semeadura de uma mistura de sementes de muitas espécies de plantas desejáveis adaptadas às condições locais, ou mesmo o plantio de espécies nativas adequadas distribuídas entre pioneiras e não pioneiras (secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax).

Outras possibilidades de manejo nesses níveis hierárquicos são as teias alimentares, que podem fornecer informações relevantes sobre os ambientes, inclusive em relação a doenças transmitidas durante a alimentação de determinado animal. Por exemplo, a dengue é transmitida ao homem durante o processo de alimentação do mosquito *Aedes aegypti*. Tal informação é importante para compreender e combater a doença.

Para finalizar, outro tipo de manejo muito conhecido é o de recursos agrícolas, como o solo, que é um fator importante para obter ganhos na produtividade de alimentos para a população mundial. Observe na Figura 4.8 exemplos de manejos de comunidade vegetal em uma área cujo objetivo é restaurar ecossistemas por meio de uma técnica de preparo de solo para cultivo agrícola.

Figura 4.8 | (A) Técnicas de manejo visando à restauração, cobertura do solo por material vegetal e plantio de mudas de espécies nativas. (B) Aeração e adubação do solo para cultivo de alimentos visando ao aumento de produção

Fonte:.<http://www.istockphoto.com/br/foto/fazenda-de-plantas-nativas-nova-zel%C3%A2ndia-gm479787514-68226381?st=_p_restaurao%20florestal>; <http://www.istockphoto.com/br/foto/lan%C3%A7ando-de-cereais-primavera-gm521210994-91266997?st=_p_correo%20solo>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Concluímos a partir desta explanação que iniciativas que unem nosso conhecimento sobre os níveis hierárquicos de organização ecológica e sustentabilidade estão ocorrendo em diversos contextos de nosso dia a dia. Como parte da sociedade, cada cidadão deve ser ativo nos processos de mudanças que envolvem a problemática ambiental, incentivando ações de manejo sustentável e exigindo melhorias em setores que ainda não incorporaram sustentabilidade em suas ações.

Pesquise mais

Para aprofundar seus conhecimentos sobre manejo e perceber as grandes oportunidades de sustentabilidade na área, faça a leitura dos capítulos 7, 15 e 22 do livro a seguir:

BEGON, Michael.; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536309545/cfi/649!/4/2@100:0.00>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Em relação à ecologia e sustentabilidade, como um tema integrador, devemos sempre ter um pensamento crítico e cautela nas ações em curto prazo. Alcançar a sustentabilidade demandará

um esforço de diferentes setores da sociedade e os ecólogos podem fornecer informações técnicas fundamentais para equilibrar a relação entre o homem e a natureza. Encontrar soluções para adequar o crescimento econômico a um modelo sustentável, deixando-o socialmente inclusivo e harmônico com o meio ambiente, é um desafio que talvez exija uma quebra total de paradigmas.

Sem medo de errar

Agora que chegamos ao fim desta unidade, vamos recordar as etapas já concluídas e nossa meta de resolução atual.

Você é presidente de uma Organização Não Governamental (ONG) que atua em diversas áreas, dentre elas a ambiental. A ONG elaborou um projeto de compostagem urbana e sugeriu a criação de cooperativas de reciclagem de materiais, mas, embora o projeto tenha sido muito elogiado, ele precisa ser aceito pelos representantes políticos do município onde você reside. Neste sentido, a fim de explicar a necessidade de iniciativas sustentáveis para combater problemas ambientais na região que prejudicam a população local, vocês decidem elaborar um projeto teórico sobre sustentabilidade aliada à Ecologia. O projeto foi dividido em três etapas e você já cumpriu as duas primeiras. Para finalizar sua tarefa, a terceira etapa compreenderá a preparação do tópico sobre o ecodesenvolvimento e manejo sustentável.

Você deve incluir em seu documento os seguintes questionamentos: O que é o pensamento crítico? Qual o seu objetivo? O que é ecodesenvolvimento? O que é manejo sustentável? Como o manejo pode estar aliado à proposta do projeto teórico?

Para responder às questões, é necessário ter conhecimento teórico em relação aos temas tratados nesta seção. Dessa forma, sinta-se à vontade para retomar algum conteúdo específico no item *Não pode faltar*.

A primeira e segunda perguntas referem-se à forma de pensamento denominada crítica, que foi abordada como uma necessidade no atual século. O pensamento crítico pode ser definido como um processo complexo de determinação cuidadosa e deliberada sobre aceitar, rejeitar ou suspender o julgamento acerca

de uma dada afirmação, analisando seu grau de confiança. Seu objetivo é analisar realidades a partir de fatos concretos, excluindo, sempre que possível, qualquer subjetividade gerada por crenças particulares.

Vale destacar que essa forma de pensamento é muito importante para quebrar paradigmas consolidados na sociedade. Portanto, ressalte isso em seu projeto teórico, juntamente com o fato de que o próprio questionamento do destino dos resíduos sólidos e orgânicos, expresso no contexto de aprendizagem, é um exemplo de que pensar criticamente a respeito de uma realidade pode ser esclarecedor para verificar um problema e, no futuro, buscar uma solução. Logo, seria importante enfatizar que a prática de compostagem e reciclagem de materiais não se trata apenas uma mudança na rotina da população e, sim, uma mudança de hábito, cultura e pensamento que possibilita a educação ambiental das atuais e futuras gerações.

O terceiro ponto a ser incluído no documento é o que é ecodesenvolvimento. Resumidamente, você pode mencionar que foi a primeira vertente pensada para aliar a questão de desenvolvimento humano e meio ambiente. Trata-se de um conceito rígido que compreende um projeto de civilização com base em um conjunto de valores próprios, buscando a solução para conflitos na sociedade mundial. Também fundamenta-se em mudanças para que os aspectos econômicos não estejam dissociados dos problemas sociais e ambientais das cidades.

A proposta do ecodesenvolvimento é pertinente ao escopo do documento, pois propõe hábitos mais sustentáveis em relação à gestão de resíduos do município, que também pode gerar renda. Caso você queria complementar seu texto, pode discorrer sobre os cincos pilares propostos para esse conceito.

Para finalizar o projeto teórico, é necessário falar sobre manejo sustentável. Cabe dizer que a definição pode ser genérica e possui diferentes enfoques, como o agrícola e o conservacionista. A partir desses conceitos, podemos concluir que a proposta do projeto pode ser considerada um exemplo de manejo sustentável de resíduos urbanos, que, mesmo em uma fase inicial de elaboração, já

apresenta propostas concretas para a implementação no município, uma vez que as atividades de compostagem e das cooperativas de reciclagem certamente contribuirão para dar continuidade à disponibilidade dos recursos naturais locais para as futuras gerações.

Avançando na prática

Os diferentes tipos de manejo

Descrição da situação-problema

Em um município do sul do Brasil foi construída uma pequena represa para abastecimento de água e, recentemente, evidenciou-se o crescimento de macrófitas aquáticas na região da represa. A proliferação das macrófitas pode ocorrer por diversos fatores, como alta capacidade reprodutiva das plantas, alto nível de nutrientes, condições climáticas favoráveis, falta de espécies competidoras e até mesmo falta de animais herbívoros, pragas e doenças. Sabe-se que, em seu ambiente natural, esse grupo de plantas é importante para equilibrar o ambiente e que suas principais características são: acumular biomassa, acelerar a ciclagem de nutrientes e influenciar a química da água. Mas quando a espécie apresenta crescimento acelerado, pode ser extremamente prejudicial em reservatórios, ocasionando diminuição da qualidade da água.

Sendo assim, foi proposto um estudo para realizar manejo destas plantas, mas o grupo em que você trabalha está em dúvida sobre qual nível hierárquico de organização será foco do presente estudo. Quais estudos de manejo das macrófitas podem ser realizados em nível de população, comunidade e ecossistemas?

Resolução da situação-problema

Para sugerir a solução de manejo de macrófitas, é necessário compreender que existem várias opções de manejo. Se o objetivo é realizar o controle do crescimento de uma única espécie de macrófita aquática, é necessário descobrir qual fator contribuiu para esse crescimento e como é possível controlá-lo para que a população em questão se mantenha estável e não em crescimento acelerado. Com esse escopo, o manejo escolhido é em nível de população.

Paralelamente, se o objetivo do estudo for o manejo de várias espécies de macrófitas aquáticas, é necessário analisar o conjunto das espécies e se existe algum outro fator envolvido no crescimento acelerado em questão e buscar um controle. A investigação sobre a introdução de um predador direto que consuma as plantas pode ser interessante. Com esse escopo, o manejo escolhido é em nível de comunidade.

Por fim, se o objetivo é descobrir a estabilidade de biomassa ou nutrientes, é necessário detalhar os fatores abióticos envolvidos e, assim, manejar as macrófitas a partir do objetivo geral estabelecido. Teríamos, assim, manejo em nível de ecossistemas.

Faça valer a pena

1. O _____ pode ser simbolicamente resumido como um processo _____ de determinação cuidadosa e deliberada sobre aceitar, rejeitar ou suspender o julgamento acerca de uma dada _____, analisando seu grau de _____.
Assinale a alternativa que contém os termos que preenchem corretamente as lacunas:
a) Pensamento reflexivo; complexo; afirmação; confiança.
b) Pensamento crítico; simples; questão; desconfiança.
c) Pensamento crítico; complexo; afirmação; confiança.
d) Pensamento reflexivo; simples; questão; desconfiança.
e) Pensamento informal; complexo; afirmação; confiança.

2. Reflita sobre a seguinte situação:
Imagine o texto: "Nosso estudo foi fundamentado na mais recente literatura da área e aponta diversos avanços impactantes no atual século". Com a finalidade de verificar as informações oferecidas, você busca as referências usadas e observa que a mais recente é de 50 anos atrás.
Assinale a alternativa que melhor reflete a atitude do leitor a partir do exercício de um pensamento crítico sobre a situação exposta:
a) O leitor aceita sem questionar o conteúdo da obra.
b) O leitor questiona o conteúdo da obra, mas não procura outras informações para contrapor os fatos.
c) O leitor aceita o conteúdo da obra após a leitura, pois ela foi interessante e realmente é atualizada em relação ao tema.
d) O leitor questiona o conteúdo da informação e busca outras fontes para validar a veracidade da afirmação dada no início do estudo.
e) O leitor questiona o conteúdo das informações e busca a opinião de outros leigos no assunto para verificar a veracidade da afirmação dada no início do estudo.

3. O pensar crítico é uma necessidade na sociedade contemporânea, constantemente "bombardeada" por informações. Neste contexto, leia as afirmações a seguir:

I. O pensamento crítico consiste em analisar e avaliar a coerência dos raciocínios.

II. O pensamento crítico foi importante para levantar questionamentos em relação aos sistemas vigentes na sociedade, estruturando outras visões sobre a problemática ambiental no mundo.

III. O objetivo do pensamento crítico pode ser resumido em analisar realidades a partir de fatos concretos, assimilando, sempre que possível, qualquer subjetividade gerada por crenças particulares.

Assinale a alternativa que apresenta a(s) afirmação(ões) correta(s):

a) I, apenas.
b) II, apenas.
c) III, apenas.
d) I e II, apenas.
e) II e III, apenas.

Referências

ALFARO-LEFEVRE, Rosalinda. **Pensamento crítico em enfermagem**: um enfoque prático. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

AQUINO, Quelen Brondani; KONTZE, Karine Brondani. O Processo de Mundialização e seus impactos no consumismo da sociedade global. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DEMANDAS SOCIAIS E POLÍTICAS PÚBLICAS NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA, 12., 2015, Santa Cruz do Sul. **Anais**... Santa Cruz do Sul: UNISC, 2015. Disponível em:.<http://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/sidspp/article/viewFile/13059/2389>..Acesso em: 6 fev. 2017.

BEGON, Michael.; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em: 6 fev. 2017.

CANAL, Rodrigo. O significado de pensamento crítico. **Perspectivas em Ciências Tecnológicas,** Pirassununga, v. 2, n. 2, p. 49-74, 2013. Disponível em: <http://www.fatece.edu.br/arquivos/arquivos%20revistas/perspectiva/volume2/4.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2017.

DIAS, Reinaldo. **Sustentabilidade**: origens e fundamentos, educação e governança global, modelo de desenvolvimento. São Paulo: Atlas, 2015.

GUATTARI, Félix. **As três ecologias**. Tradução de Maria Cristina F. Bittencourt. São Paulo: Papirus, 1990.

LARAIA, Roque de Barros. **Cultura**: um conceito antropológico. Rio de Janeiro: Zahar, 1986.

LAYRARGUES, Philippe Pomier. Do ecodesenvolvimento ao desenvolvimento sustentável: evolução de um conceito? **Proposta**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 71, p. 5-10, 1997. Disponível em: <https://xa.yimg.com/kq/groups/21784100/1247355355/name/Layrargues.PDF>. Acesso em: 6 fev. 2017.

LEFF, Enrique. Agroecologia e saber ambiental. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável,** Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 36-51, 2002. Disponível em: <http://www.pvnocampo.com.br/agroecologia/agroecologia_e_saber_ambiental.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2017.

_____. **Ecologia, capital e cultura**: racionalidade ambiental, democracia participativa e desenvolvimento sustentável. 5. ed. Blumenau: Editora da FURB, 2000. (Coleção Sociedade e Ambiente).

Os 12 problemas ambientais da humanidade. **Licenciamento Ambiental**, 6 de fev. 2009. Disponível em: <http://www.licenciamentoambiental.eng.br/os-12-grandes-problemas-ambientaisda- humanidade/>. Acesso em: 6 fev. 2017.

LIMA, Maria José Araújo. Ecologia Humana – Realidade e Pesquisa. Petrópolis: Vozes, 1984.

MILLER, G. Tyler; SPOOLMAN, Scott E. **Ecologia e sustentabilidade**. Tradução da 6. ed. norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

NETTO, Milton Pavezzi; SILVA, Ricardo Siloto da. Ecossistemas urbanos: potencialidades da ecologia urbana no desenvolvimento de cidades sustentáveis. In: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 9., 2011, Brasília, DF. **Anais**... Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/ix_en/GT2-201-186-20110620175558.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2017.

OLIVEIRA, Daiana Félix de; MONTEIRO, Luciana Vasconcelos G. Ecodesenvolvimento: uma abordagem sob o contributo de Ignacy Sachs. **Revista de Direito, Economia e Desenvolvimento Sustentável**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 29-48, 2015. Disponível em: <http://www.indexlaw.org/index.php/revistaddsus/article/view/939>. Acesso em: 6 fev. 2017.

PEREIRA, Adriana Camargo; SILVA, Gibson Zucca; CARBONARI, Maria Elisa Ehrhardt. **Sustentabilidade, responsabilidade social e meio ambiente**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

VECCHIATTI, Karin. Três fases rumo ao desenvolvimento sustentável: do reducionismo à valorização da cultura. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 90-95, set. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392004000300010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Anotações

Anotações

Anotações

Anotações

ISBN 978-85-8482-822-7

9 788584 828227 >