

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Exame de Mestrado – 7 de novembro de 2022

Instruções sobre o exame:

1. Junto com a prova há um envelope menor onde está o código de identificação com instruções para seu uso. Use apenas este código para identificar-se na prova. Não use seu nome. Escreva seu código de identificação em todas as folhas de respostas nos campos solicitados. Também certifique-se de anotar seu código de inscrição, pois os resultados do exame de ingresso sairão com o seu código e não com o seu nome.
2. A prova tem 9 questões, das quais você deve selecionar somente 6 para responder. Para tanto, selecione duas questões do Módulo 1, duas questões do Módulo 2 e duas questões do Módulo 3.
3. Responda às questões de maneira clara, direta, lógica e fundamentada na teoria ecológica.
4. Você pode responder às perguntas em português, espanhol ou inglês.
5. Responda às questões com caneta azul ou preta. Se precisar de rascunho, use as folhas brancas adicionais ao final desta prova.
6. Responda cada questão em sua própria folha e respeite o limite máximo de linhas estipulado para a resposta de cada questão. Não use o verso das folhas de resposta.
7. Em caso de rasuras, deixe claro quais trechos de texto devem ser desconsiderados.
8. Não é permitido o uso de calculadora em nenhuma das questões da prova.
9. A prova não permite consulta a qualquer material impresso ou digital.
10. O tempo máximo para resolução da prova é de quatro horas.
11. Durante o exame, você pode sair para ir ao banheiro, beber água, ou por alguma outra urgência, desde que não se ausente por mais de 10 minutos. Para isso, comunique o examinador que precisa sair e onde vai.
12. Durante o exame, o examinador não está autorizado a responder nenhuma questão sobre o enunciado das questões. A compreensão das perguntas faz parte da avaliação. Se necessitar de esclarecimentos sobre as instruções, solicite-os ao examinador antes de iniciar a prova.
13. Ao terminar a prova, coloque TODAS as folhas de resposta preenchidas ou não, e o envelope menor com o seu código de identificação no envelope maior e devolva ao examinador.

CONSIDERANDO QUE VOCÊ LEVE 50 MINUTOS PARA LER TODAS AS QUESTÕES E ESCOLHER QUAS DELAS VAI RESPONDER EM CADA MÓDULO, ISSO LHE DÁ CERCA DE 30 MINUTOS PARA RESPONDER CADA UMA DAS QUESTÕES. ESTEJA ATENTO(A) AO HORÁRIO PARA QUE VOCÊ POSSA TERMINAR DE RESPONDER TODAS AS QUESTÕES DENTRO DO PRAZO ESTIPULADO PARA A REALIZAÇÃO DA PROVA.

BOM EXAME!

Código de inscrição: _____

MÓDULO 1

(ESCOLHA E RESPONDA DUAS DAS TRÊS QUESTÕES ABAIXO)

Questão 1. Em busca de um sistema para descrever padrões e comparar biomas terrestres, o biogeógrafo Raunkiaer elaborou uma escala baseada em respostas evolutivas da vegetação ao ambiente. Esse sistema se baseia na estratégia das plantas para sobreviver a períodos ou eventos de condições adversas (frio, seca, fogo, etc.) por meio da proteção de partes sensíveis com potencial de retomar o desenvolvimento no período favorável (as gemas). As estratégias (ou “formas de vida”) são definidas pela posição das gemas em relação ao solo. Fanerófitas são plantas lenhosas, árvores ou arbustos com mais de meio metro. Caméfitas são herbáceas ou pouco lenhosas que crescem próximo ou sobre o solo. Hemicriptófitas apresentam a gema na altura do solo ou ligeiramente enterrada. Geófitas possuem órgãos de brotamento, bulbos e tubérculos completamente enterrados e perdem a parte aérea no período desfavorável. Terófitas são aquelas em que a “gema” consiste na semente que atravessa o período desfavorável no banco de sementes do solo, germinando e atingindo a maturidade no período favorável. A proporção de espécies com determinada forma de vida constitui o “espectro de formas de vida” de uma dada região ou bioma do mundo (veja exemplo na Figura 1).

A. Analise o diagrama representado na Figura 2. Considerando o sistema proposto por Raunkiaer, como regiões distantes entre si e bem distintas em termos de regime climático poderiam corresponder a um mesmo bioma?

B. Que alterações na proporção de formas de vida você esperaria com o aumento da incidência de fogo na vegetação do bioma cerrado? E com a diminuição? Justifique sua resposta.

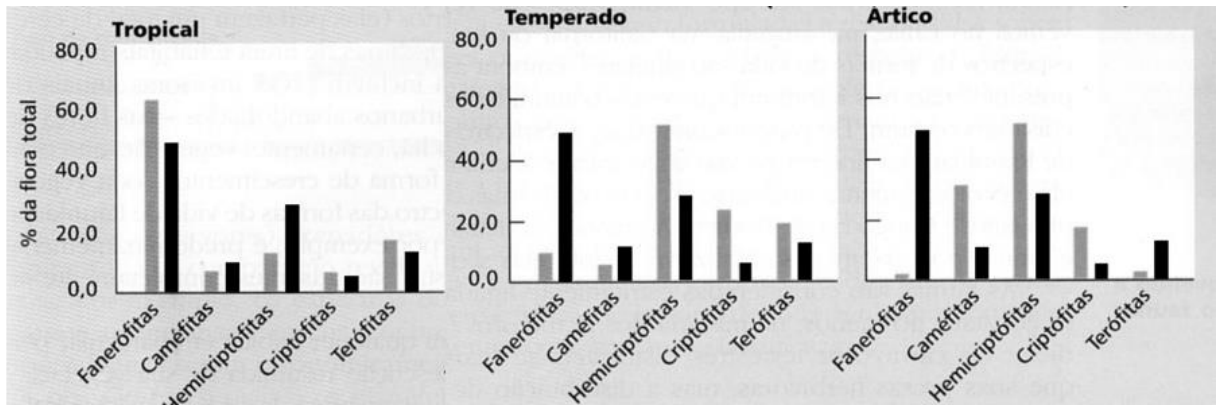


Figura 1 - Espectros de formas de vida de Raunkiaer em biomas tropical, temperado e ártico (barras cinza) comparados ao espectro de formas de vida encontrado na flora mundial (barras escuras) (Begon et al. 2005 adaptado de Crawley 1986).

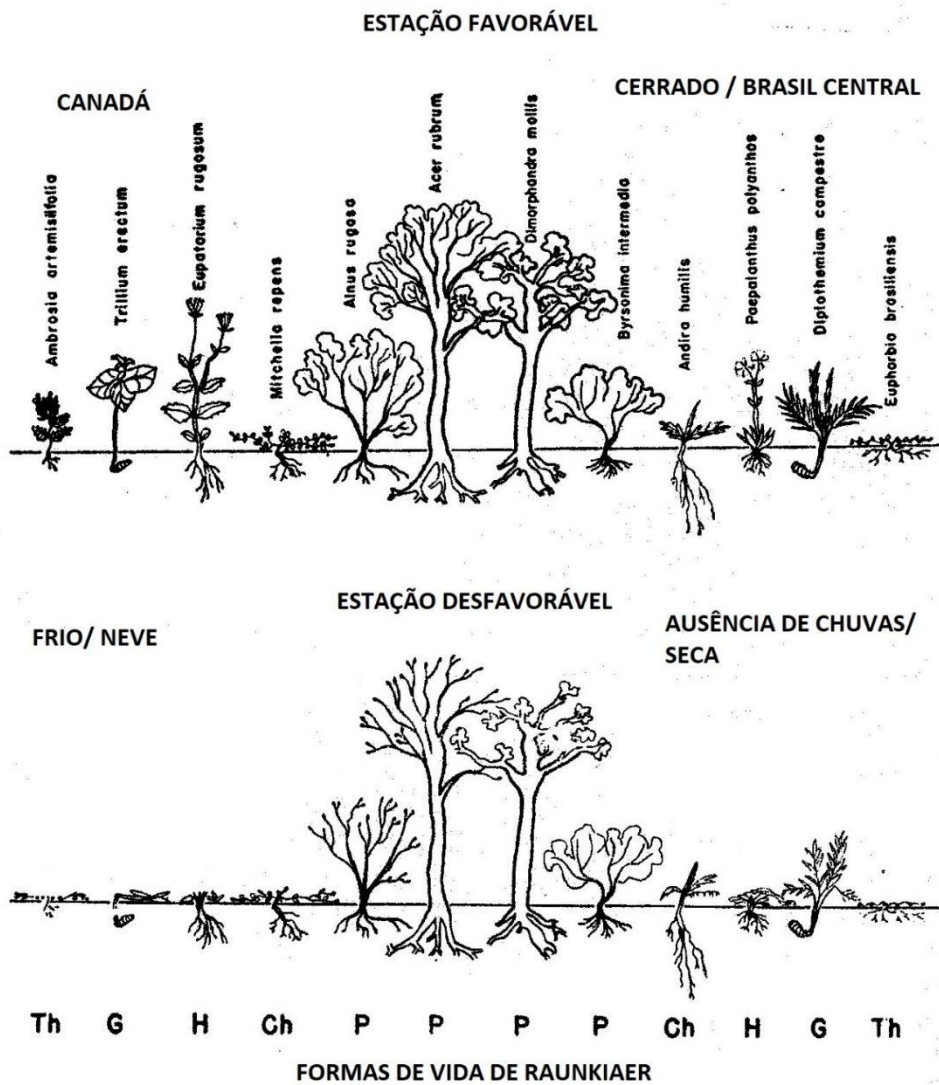
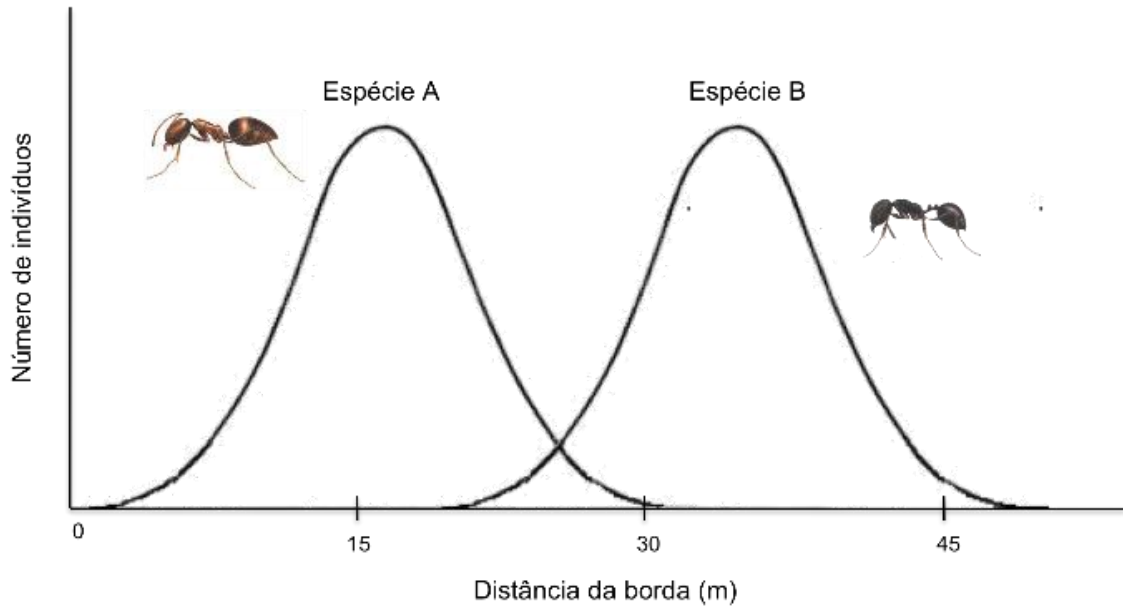


Figura 2 - Formas de vida encontradas em duas regiões contrastantes, uma floresta temperada fria dominada por *Acer rubrum* (bôrdo vermelho - leste do Canadá) e uma fisionomia de Campo Cerrado no Brasil Central. (Dansereau 1957). Th- Terófitas; G- geófitas; H-hemicriptófitas; Ch-caméfitas; P – fanerófitas.

Código de inscrição: _____

Questão 2. Uma ecóloga fez um levantamento da abundância de duas espécies de formigas granívoras (predadoras de sementes) em um fragmento florestal e descobriu que as espécies ocupavam ambientes distintos quanto à distância da borda do fragmento (conforme figura abaixo).



A. Elabore duas hipóteses ecológicas para explicar a ausência da espécie A no ambiente ocupado pela espécie B (interior do fragmento). Incorpore o conceito de nicho fundamental na hipótese 1 e o conceito de nicho realizado na hipótese 2.

B. Descreva brevemente como você faria para testar experimentalmente estas duas hipóteses.

Código de inscrição: _____

C. Qual seria o resultado esperado caso a hipótese 1 esteja correta? E no caso da hipótese 2 estar correta?

Questão 3. Um importante avanço tecnológico no estudo do comportamento animal foi o desenvolvimento e miniaturização de sensores de telemetria e, em especial, do GPS. Quando acoplados em animais junto com aparelhos chamados *dataloggers*, sensores de GPS registram a posição dos indivíduos em intervalos regulares de tempo. Estes dados podem ser utilizados para calcular de forma remota a *velocidade de deslocamento* e a *distância percorrida*.

Aves carniceiras obrigatórias, como o urubu-de-cabeça-vermelha, se alimentam exclusivamente de carniça, um recurso alimentar que, em geral, é distribuído irregularmente no espaço e no tempo. Como outras aves carniceiras, esta espécie possui adaptações para otimizar o gasto energético na busca por alimento, e uma dessas adaptações é o comportamento de voo planado. No voo planado, as aves utilizam correntes de ar ascendentes para ganhar altitude. Embora apresente velocidade média menor do que o voo batido, isto é compensado pela grande economia energética nos custos do transporte, que lhes permite percorrer grandes distâncias diariamente. Por outro lado, aves predadoras ou de rapina frequentemente utilizam voo batido, cuja maior velocidade é importante para encontrar, perseguir e capturar suas presas, que em geral se distribuem de forma menos irregular do que carniças. O falcão peregrino, é uma ave de rapina que se alimenta principalmente de outras espécies de aves, caçando-as no ar, e possui um dos voos mais rápidos do reino animal. O gavião caboclo, por outro lado, se alimenta de pequenos mamíferos, répteis e anfíbios, e geralmente caça esperando em poleiros altos, de onde se lança sobre suas presas quando detectadas, mas também procura presas caminhando no solo.

Carcarás são aves capazes de voo batido e planado, e co-ocorrem com as espécies mencionadas acima em diversas regiões do Novo Mundo. Proponha um programa de amostragem, baseado em telemetria, para avaliar se o comportamento de busca de alimento de carcarás é indicativo de dietas compostas predominantemente de carniça, aves, ou outras presas vivas em um determinado local. Suponha que não há limite de recursos financeiros para a amostragem. Apresente detalhes do delineamento amostral e as variáveis que serão medidas.

MÓDULO 2

(ESCOLHA E RESPONDA DUAS DAS TRÊS QUESTÕES ABAIXO)

Questão 4. As savanas de regiões tropicais são biomas com estação seca bem definida, geralmente caracterizada por um período de 3 a 4 meses de baixa pluviosidade. Savanas na África e na Índia são dominadas por plantas decíduas (perdem as folhas no período seco) enquanto nas savanas australianas coexistem espécies decíduas e perenifólias (conservam as folhas durante todo o ano). A coexistência dessas estratégias contrastantes na savana australiana foi investigada por Eamus (1999), que determinou o impacto da seca de forma comparativa em lenhosas decíduas e perenifólias. O padrão climático da região das savanas australianas apresenta tipicamente um período seco de 3 a 4 meses (Figura 1) que impõe graus de desidratação distintos em plantas decíduas e perenifólias, sendo que plantas perenifólias atingem valores muito baixos de potencial hídrico (Figura 2, círculo) quando comparadas a plantas decíduas (Figura 2, triângulo).

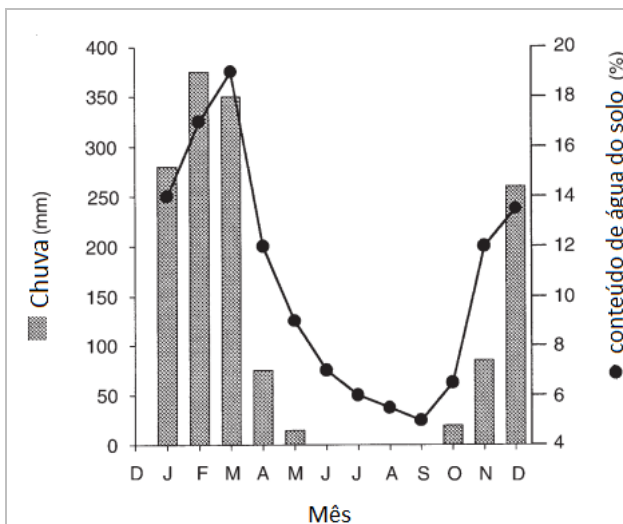


Figura 1. Regime de chuvas e conteúdo de água do solo típicos das savanas australianas (Eamus, 1999).

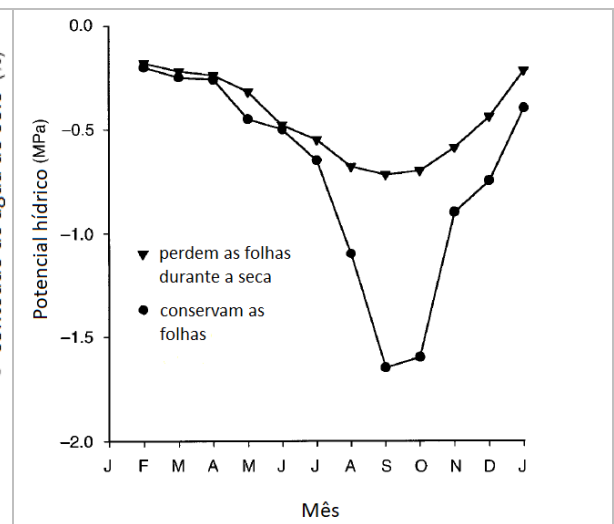


Figura 2. Potencial hídrico médio de plantas decíduas e perenifólias de savanas australianas durante a madrugada (com influência mínima da atmosfera) (Eamus, 1999).

Código de inscrição: _____

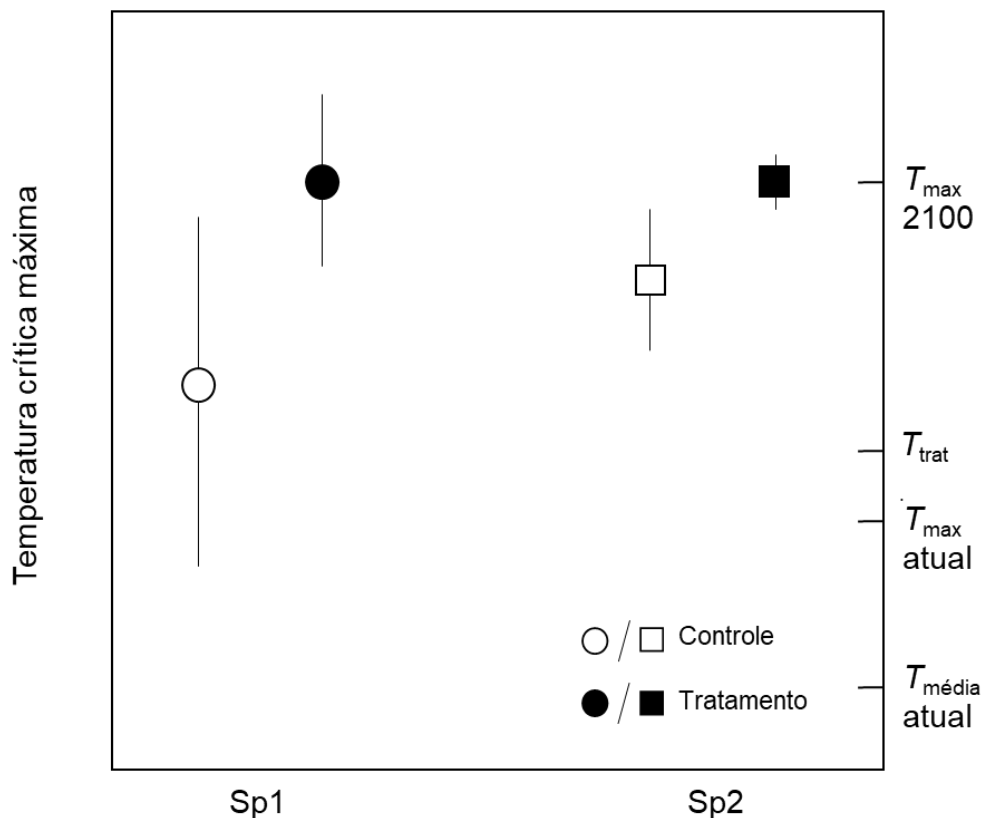
A. Observe o efeito da ausência de chuvas no potencial hídrico de plantas decíduas e perenifólias representado na Figura 2. Dado que a fotossíntese e a transpiração nestas plantas se dão exclusivamente nas folhas, quais vantagens e desvantagens teriam espécies que perdem e espécies que conservam as folhas durante o período seco na savana australiana?

B. Que condições climáticas poderiam favorecer a coexistência dessas estratégias nessa região e como mudanças climáticas que confluem para um aumento do período seco poderiam impactar o equilíbrio entre essas estratégias na vegetação?

Questão 5. Uma das consequências das mudanças climáticas globais é o aumento da magnitude e da frequência de eventos extremos. As poças do entremarés rochoso constituem um ambiente desafiador por impor amplas oscilações de temperatura e salinidade às espécies que ali habitam. Com o aumento da temperatura máxima (T_{max}), atingida durante os períodos de maré baixa, muitas espécies podem ser excluídas desse ambiente.

O gráfico abaixo mostra a temperatura crítica máxima – isto é, a temperatura letal se mantida por pelo menos 1 hora – para duas espécies de crustáceos (Sp.1 e Sp.2) que habitam as poças de maré. Indivíduos das duas espécies foram coletados na natureza e trazidos para o laboratório, onde foram submetidos a um período de quarentena em temperatura constante correspondente à média registrada atualmente nas poças ($T_{média\ atual}$). Depois desta quarentena, metade dos indivíduos de cada espécie foi exposta a estresse térmico por um período de 2 semanas (o tratamento). A outra metade dos indivíduos de cada espécie, correspondente ao grupo controle, permaneceu sob a mesma temperatura média atual da quarentena. No tratamento, a temperatura (T_{trat}) foi ajustada a um valor superior à temperatura máxima atual ($T_{max\ atual}$) mas ainda inferior à temperatura máxima projetada para 2100 ($T_{max\ 2100}$). Nenhuma morte foi observada no período de 2 semanas. Depois de alguns dias de volta à temperatura média atual, todos os indivíduos foram expostos separadamente a uma rampa térmica (isto é, a temperaturas progressivamente mais altas) para obter estimativas independentes da temperatura crítica máxima.

No gráfico abaixo, símbolos representam médias e as barras de erro representam os respectivos desvios padrão. Ao longo do eixo y, do lado direito, são indicados como referência a temperatura média atual, a temperatura máxima atual, a temperatura do tratamento e a temperatura máxima esperada para 2100.



Código de inscrição: _____

A. Qual é o processo fisiológico medido pela diferença entre a média da condição controle (símbolos brancos) e do tratamento (símbolos pretos)? Compare e interprete essa diferença para as duas espécies.

B. O que está sendo representado, biologicamente, pelas barras de erro? Justifique sua resposta.

C. Para além de 2100, e desconsiderando quaisquer outras variáveis, qual das duas espécies você acha que tem mais chance de ser excluída desse habitat?

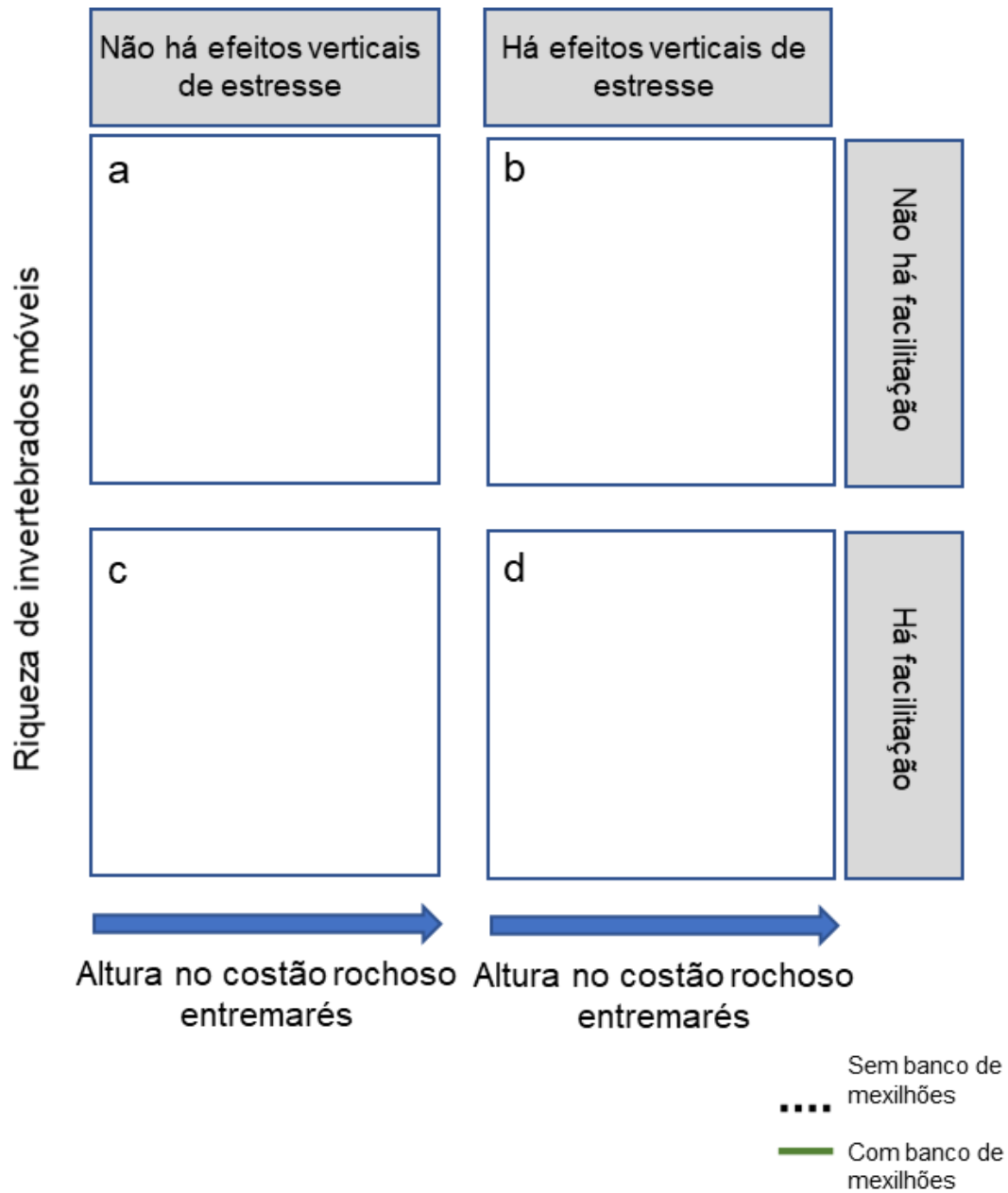
MÓDULO 3

(ESCOLHA E RESPONDA DUAS DAS TRÊS QUESTÕES ABAIXO)

Questão 7. Bancos de mexilhões no entremarés rochoso podem facilitar uma rica fauna de invertebrados móveis, principalmente por prover espaços intersticiais onde o estresse térmico, o potencial de dessecação e o acesso de predadores são muito reduzidos em comparação com o habitat alternativo, que consiste de uma cobertura uniforme de cracas sobre a qual não se estabeleceu a cobertura secundária dos mexilhões. Existe, ainda, um possível gradiente vertical de estresse fisiológico atuando sobre essa fauna de invertebrados, uma vez que o período de emersão (i.e. exposição durante a maré baixa) aumenta desde o limite inferior até o limite superior do costão rochoso entremarés.

A. No painel abaixo represente por meio de gráficos de linha os resultados previstos para um experimento seguindo um delineamento fatorial completo testando os possíveis efeitos, para a riqueza de invertebrados móveis, de facilitação pelos bancos de mexilhões [(a) e (b): não há facilitação; (c) e (d): há facilitação] e da presença de um gradiente vertical de estresse fisiológico [(a) e (c): a altura no costão rochoso entremarés não é um gradiente de estresse fisiológico; (b) e (d): a altura no costão rochoso entremarés é um gradiente de estresse fisiológico] em todas suas combinações. Use linha tracejada para habitats sem mexilhões e linha sólida para habitats com mexilhões.

Código de inscrição: _____



B. Como se chamam espécies que, assim como os mexilhões, têm efeito indireto sobre outras por modificar o meio abiótico? Justifique.

Questão 8. Em populações limitadas pela densidade, o tamanho da população é determinado pela taxa de crescimento populacional e pela intensidade da competição intra-específica. Em geral, a competição intra-específica é negligenciável quando o tamanho populacional (N) é muito pequeno; porém, à medida em que o N aumenta, a competição reduz a taxa de crescimento até o ponto em que o número de nascimentos se iguala ao número de mortes. O tamanho populacional em que isto ocorre é denominado *capacidade de suporte*.

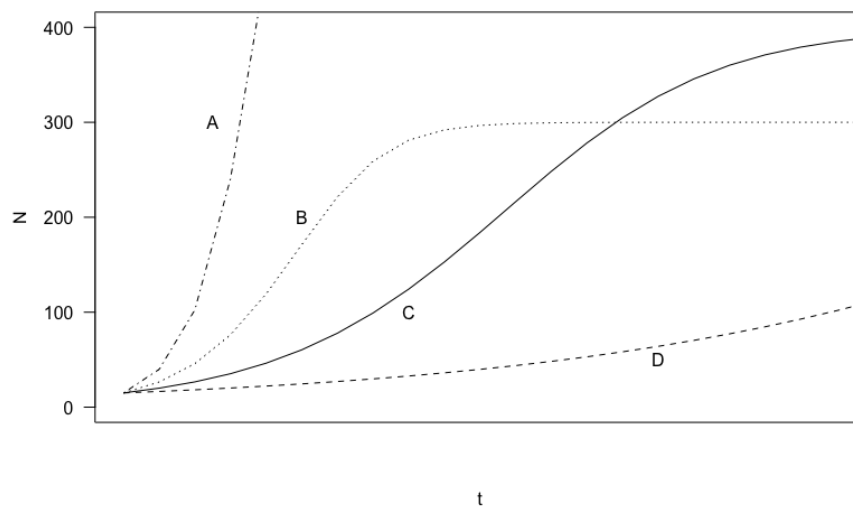
O modelo Ricker é um modelo para populações com estações reprodutivas discretas e competição intra-específica que dá o número esperado de indivíduos N_t no tempo t em função do número de indivíduos no tempo anterior ($t-1$):

Equação 1:

$$N_t = N_{t-1} e^{R(1-\frac{N_{t-1}}{K})}$$

onde R é a taxa intrínseca de crescimento *per capita* e K é a capacidade de suporte.

A figura abaixo ilustra quatro trajetórias populacionais (A-D) calculadas com o modelo Ricker:



Cada trajetória foi calculada com parâmetros de um dos conjuntos listados abaixo:

1. $N_0 = 15, K = 1000$
2. $N_0 = 15, R = 0.38$
3. $N_0 = 15, R = 1$
4. $N_0 = 15, R = 0.6, K = 300$

Código de inscrição: _____

A. Identifique o conjunto de parâmetros (1-4) que gerou cada uma das curvas (A-D), apresentando a lógica que fundamenta a sua resposta.

B. Um modelo alternativo de crescimento populacional limitado pela densidade postula que

Equação 2:

$$N_t = \frac{N_{t-1} R}{(1 + aN_{t-1})}$$

onde R é, novamente, a taxa intrínseca de aumento per capita e a é a suscetibilidade *per capita* ao adensamento (i.e. quanto maior o valor de a , maior o efeito da densidade sobre o aumento da população). Em baixas densidades (i.e. competição intra-específica negligenciável), R é equivalente à razão entre os tamanhos populacionais em N_t e N_{t-1} . A relação entre os parâmetros R , a e K (capacidade de suporte) é

Equação 3:

$$a = \frac{(R - 1)}{K}$$

Uma pequena população de 20 indivíduos de uma espécie de papagaio foi reintroduzida em uma ilha após a extinção local da espécie devido à captura ilegal e incêndios florestais. A tabela abaixo mostra os valores dos censos anuais da população de papagaios realizados na ilha após a soltura.

Código de inscrição: _____

Anos após soltura	<i>N</i>
1	38
2	71
3	122
4	192
5	269
6	337
7	385
8	415
9	432
10	441
11	448
12	449
13	449
14	450
15	450
16	450

Assumindo que a ameaça da captura ilegal foi eliminada antes da soltura, que não ocorreram incêndios nas décadas seguintes à soltura, e que o crescimento da população de papagaios segue o modelo proposto nas equações 2 e 3, determine o valor de *a*. Apresente a lógica que embasa sua resposta e, se necessário, apresente os cálculos.

Questão 9. Há décadas uma “zona morta” de dezenas de milhares de quilômetros quadrados se estende à frente da foz do rio Mississippi no norte do Golfo do México. Esta zona é caracterizada por condições hipóxicas (isto é, a água tem concentrações de oxigênio muito baixas) causadas pelo aporte contínuo de uma enorme carga de nutrientes, como o nitrogênio, na forma dissolvida e particulada. A bacia do Mississippi drena cerca de 40% do território dos Estados Unidos, incluindo a maior parte da principal região produtora de grãos, que segue modelo de agricultura baseada no uso intensivo de insumos. Mitsch e colaboradores (2001) propuseram que a ampla restauração de matas ripárias e a construção de 20.000-50.000 km² de alagados artificiais ao longo de cursos d’água da bacia reduziria significativamente a carga total de nutrientes chegando no Golfo do México (Figura 1).

Código de inscrição: _____

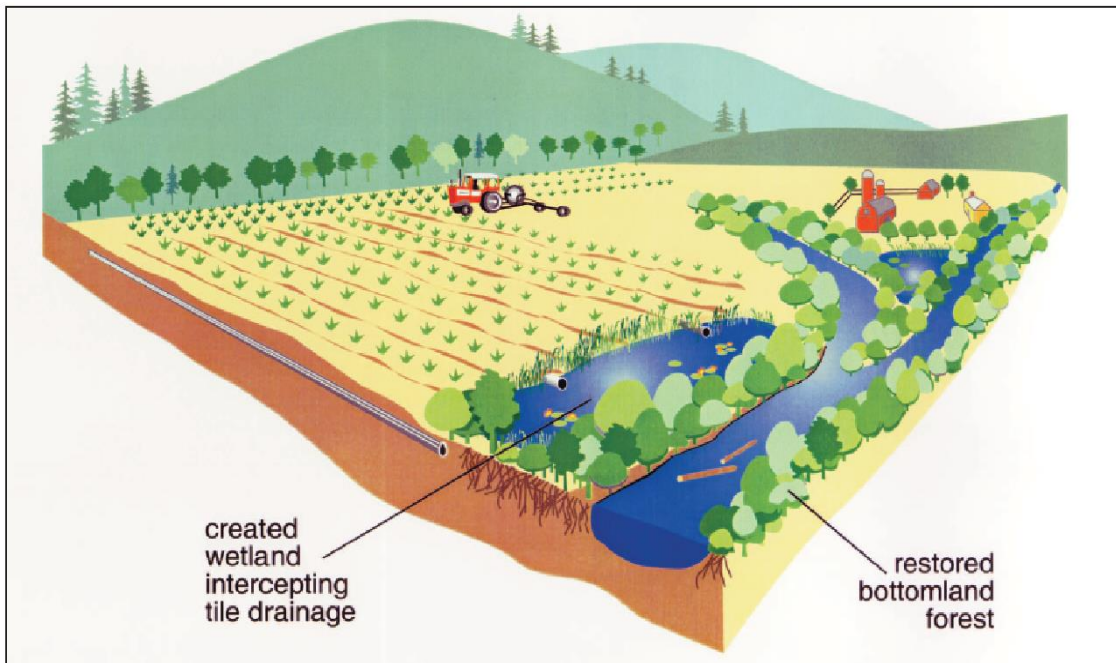


Figura 1. Proposta 'ecotecnológica' de controle do aporte de nitrogênio à rede de drenagem do rio Mississippi através da restauração da mata ciliar (bottomland forest) e da construção de alagados (wetland).

A. Quais processos biogeoquímicos Mitsch e colaboradores têm em mente com essa manipulação ecossistêmica, no que diz respeito ao nitrogênio?

O que Mitsch e colaboradores não levaram em consideração é que a construção de alagados também pode ter consequências adversas. O mercúrio (Hg) é um metal que é globalmente considerado um dos mais preocupantes contaminantes químicos, particularmente na forma de metil-mercúrio (MeHg); o Hg elementar em si é pouco tóxico. O Hg circula na atmosfera e é depositado por meio de deposição seca ou úmida. A metilação do mercúrio ocorre por ação bacteriana em sistemas aquáticos, particularmente nos sedimentos de ecossistemas de água parada. Uma consequência do ciclo acima descrito é que o MeHg circulando em teias alimentares terrestres veio, em algum momento, de ecossistemas aquáticos. A figura abaixo mostra três tipos de ecossistemas de água doce distribuídos ao longo de um gradiente: (1) alagados temporários duram algumas poucas semanas; (2) alagados semi-permanentes duram vários meses; (3) alagados permanentes duram décadas ou séculos. A duração do habitat condiciona diferenças na estrutura da teia alimentar. Saiba que uma peculiaridade da dinâmica do Hg é que ele biomagnifica, isto é, se torna progressivamente mais concentrado na biomassa a cada transferência trófica. Assuma que o MeHg não causa efeitos adversos nestes organismos aquáticos.

Código de inscrição: _____

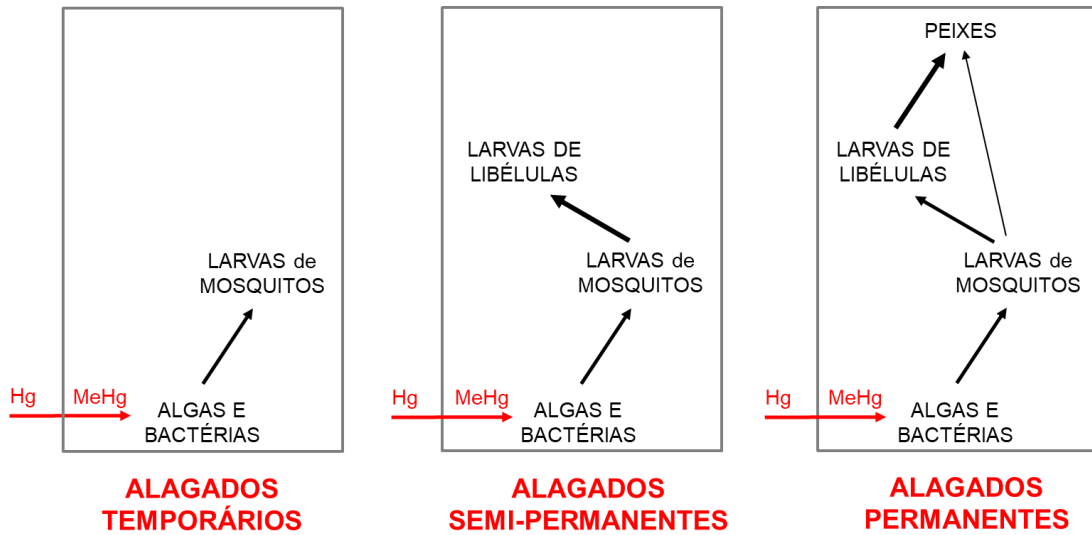


Figura 2. Estrutura da teia alimentar em três sistemas aquáticos distribuídos ao longo de um gradiente de duração do habitat (hidroperíodo). A grossura da flecha sinaliza a intensidade da interação trófica.

B. Quais desses alagados seriam os maiores exportadores de MeHg para sistemas terrestres e por quê?

C. Como nutrientes e a estrutura de teia alimentar poderiam interagir para influenciar a massa de Hg exportada de alagados artificiais para sistemas terrestres?

RASCUNHO

RASCUNHO

RASCUNHO