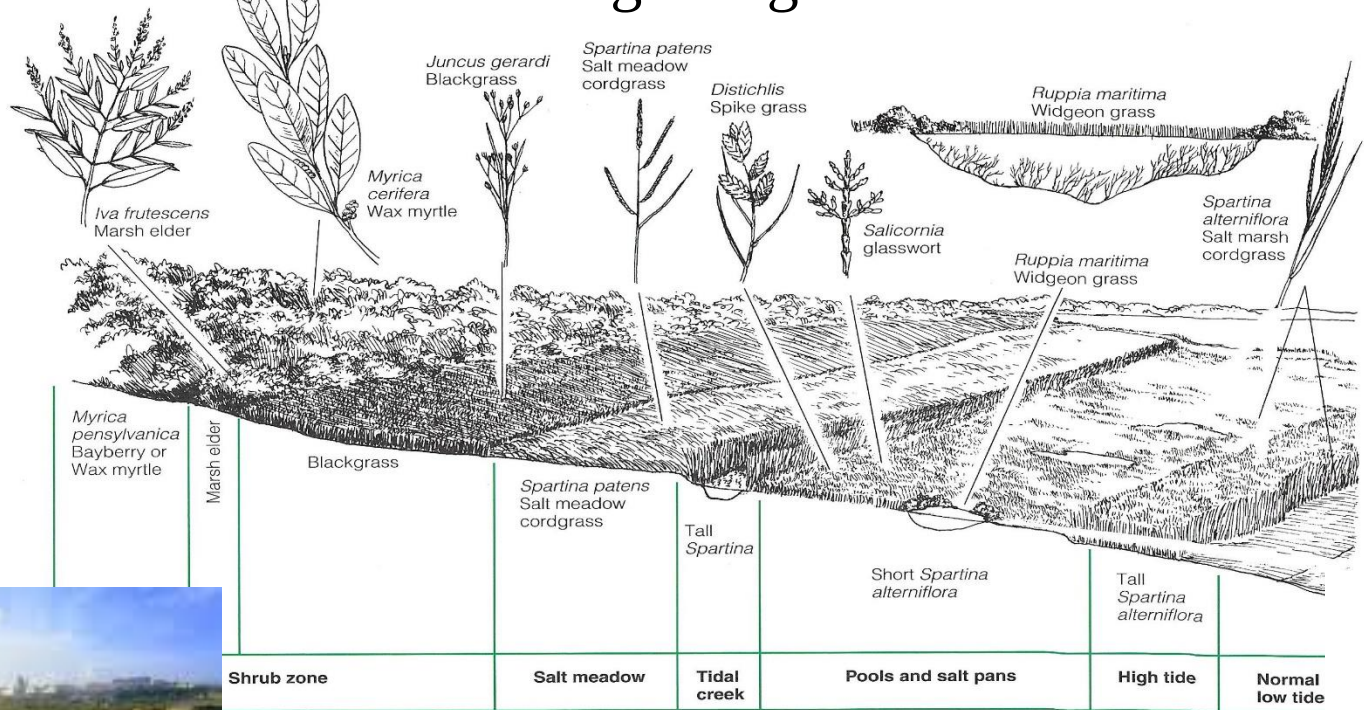


VARIAÇÕES NO ESPAÇO E NO TEMPO: FACTORES E PROCESSOS

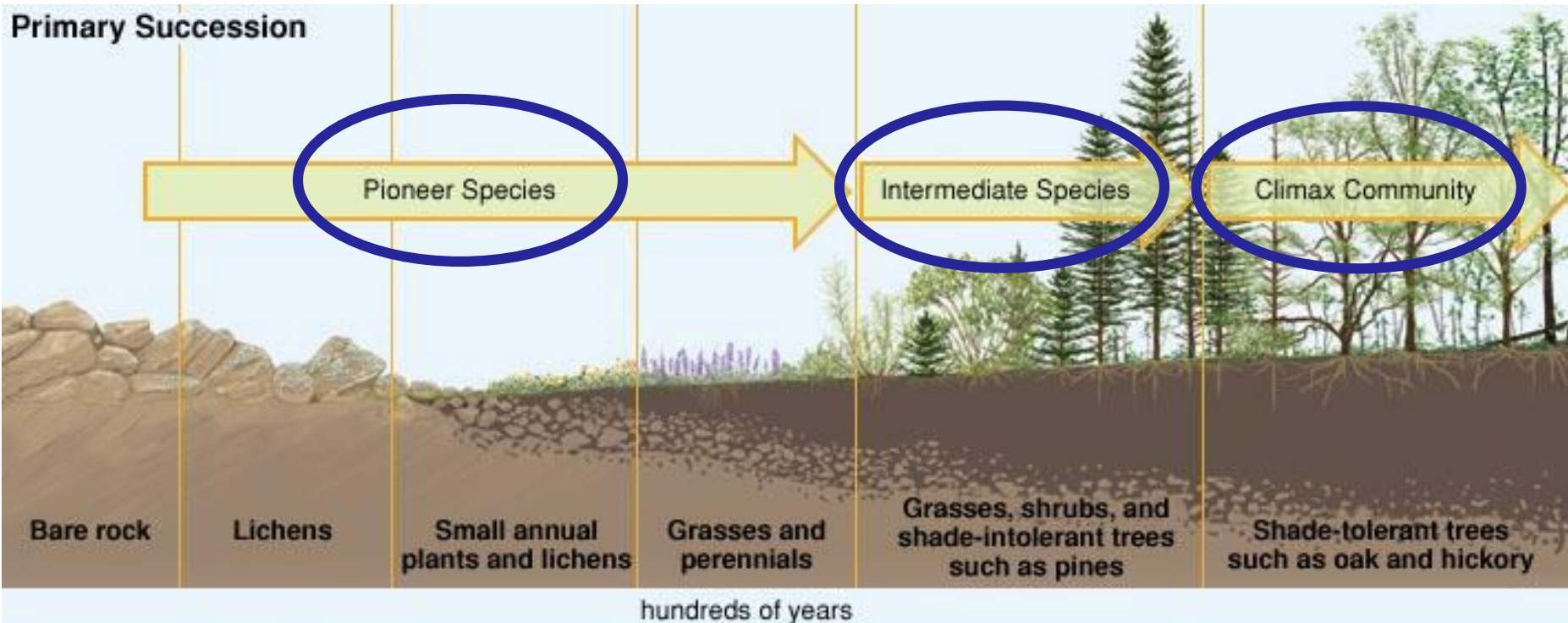
Sucessão ao longo de gradientes ambientais



Patterns of zonation in an idealized New England salt marsh, showing the distribution to microtopography and tidal submergence.



Primary Succession



© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

A sucessão de animais acompanha a sucessão vegetal

Sucessão ecológica

Sucessão primária

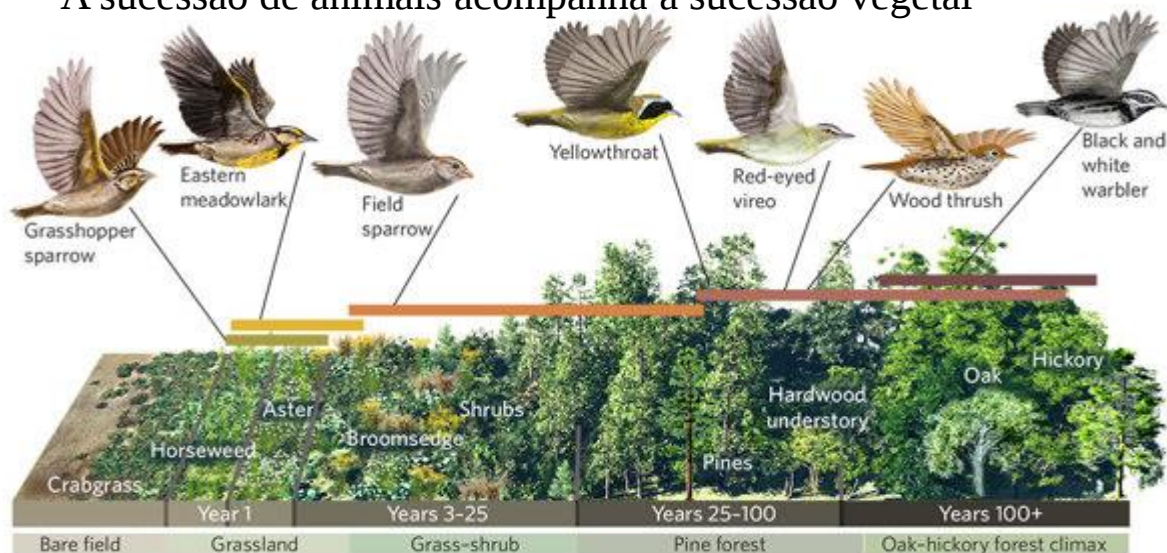
Inicia-se numa área na qual anteriormente não existiam seres vivos

rochas nuas
dunas
ilhas vulcânicas
lagos recém-formados

Sucessão secundária

Inicia-se numa área na qual anteriormente existiam seres vivos

zonas ardidas
campos abandonados
zonas alagadas

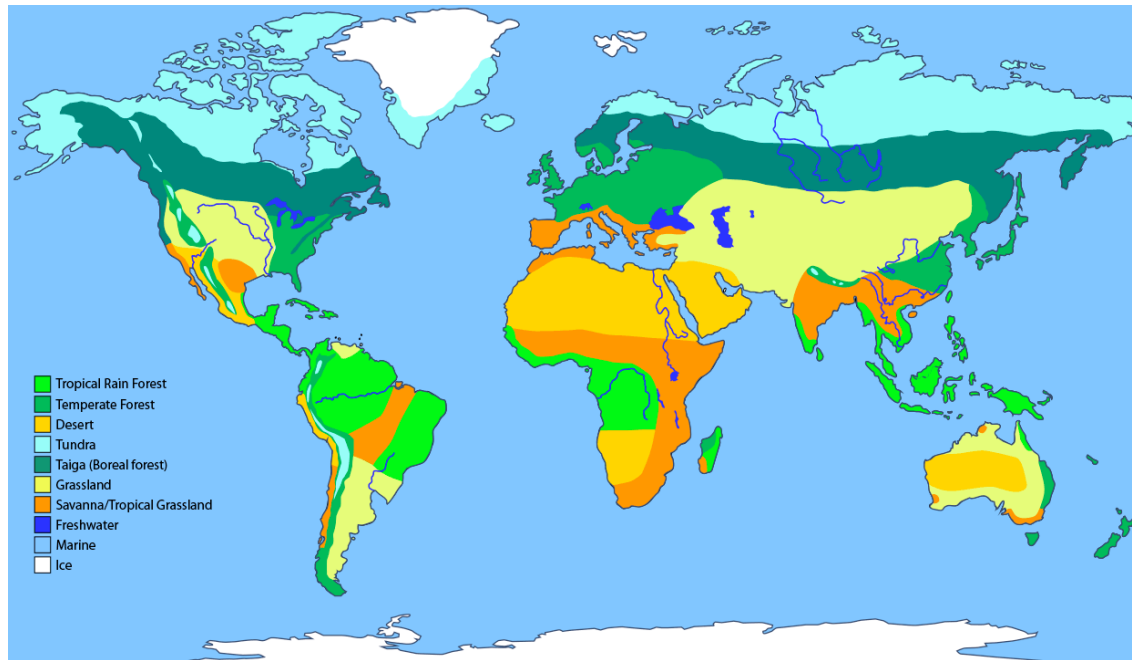




Sucessão climática
CLIMAX de Clements
1916:

A sucessão dirige-se sempre
para um estado de
maturidade, estabilidade e
complexidade – equilíbrio
climático, que descrevem
os ecossistemas





BIOMAS ACTUAIS

Os biomas naturais correspondem a climax sucessionais

Mas ao nível de grandes escalas geológicas, os climaxes também mudam

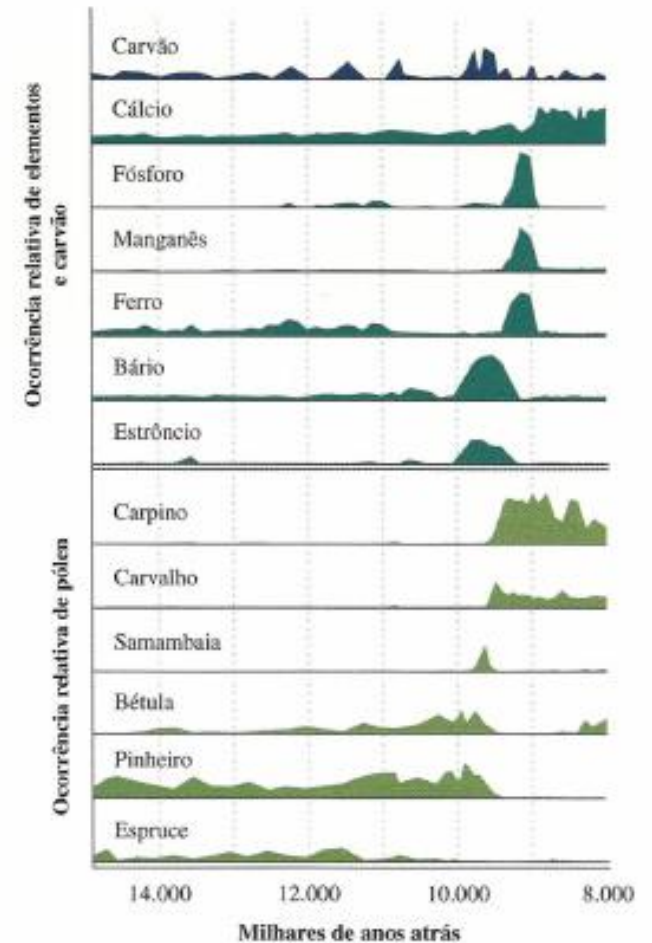


FIG. 4.26 As camadas de sedimentos em lagos preservam a história das mudanças ambientais na bacia circundante. ○ conteúdo de um núcleo de sedimento da Lago Kis/Mahos Tó, na Hungria.

BIOMAS NA GLACIAÇÃO WURM

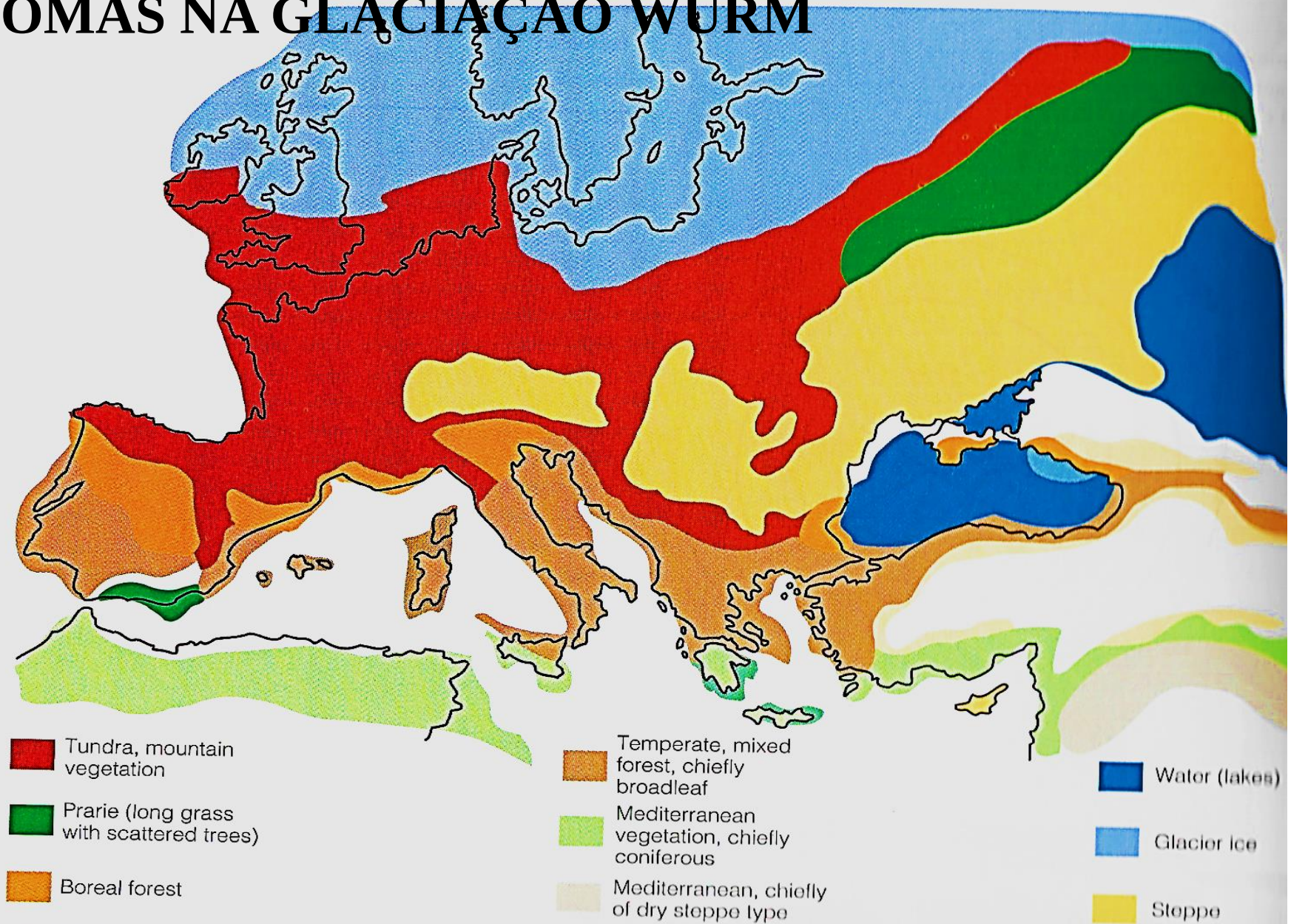


FIGURE 21.24 Assumed distribution of vegetation in Europe at the Weichsel/Wurm maximum. The Black Sea and the Caspian Sea are interconnected lakes. Note the predominance of tundra vegetation, the patches of boreal forest, and the highly restricted distribution of temperate deciduous forest. (After Fline 1971.)

Sucessão por regeneração

O ecossistema é um mosaico de estados de sucessão

Shifting mosaic steady state
O modelo de equilíbrio do mosaico dinâmico
Bornam & Likens, 1979

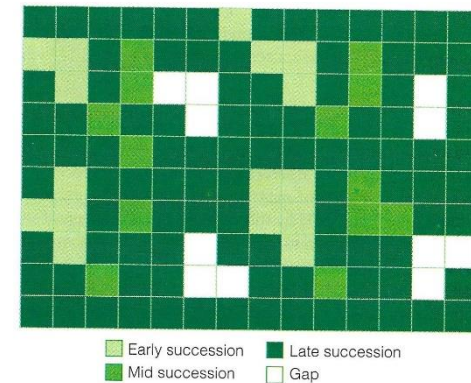
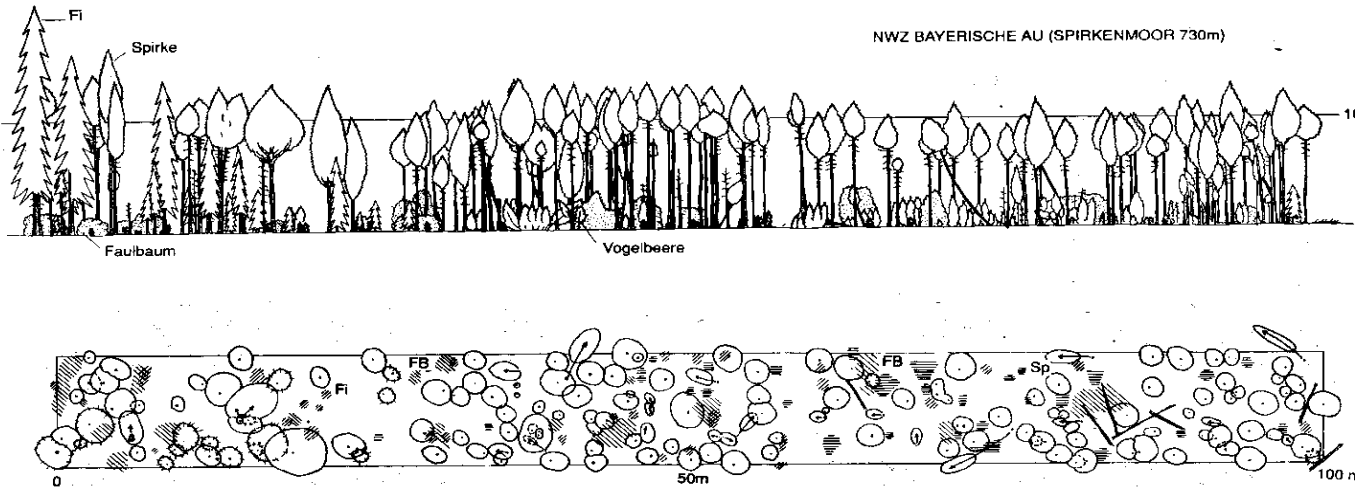
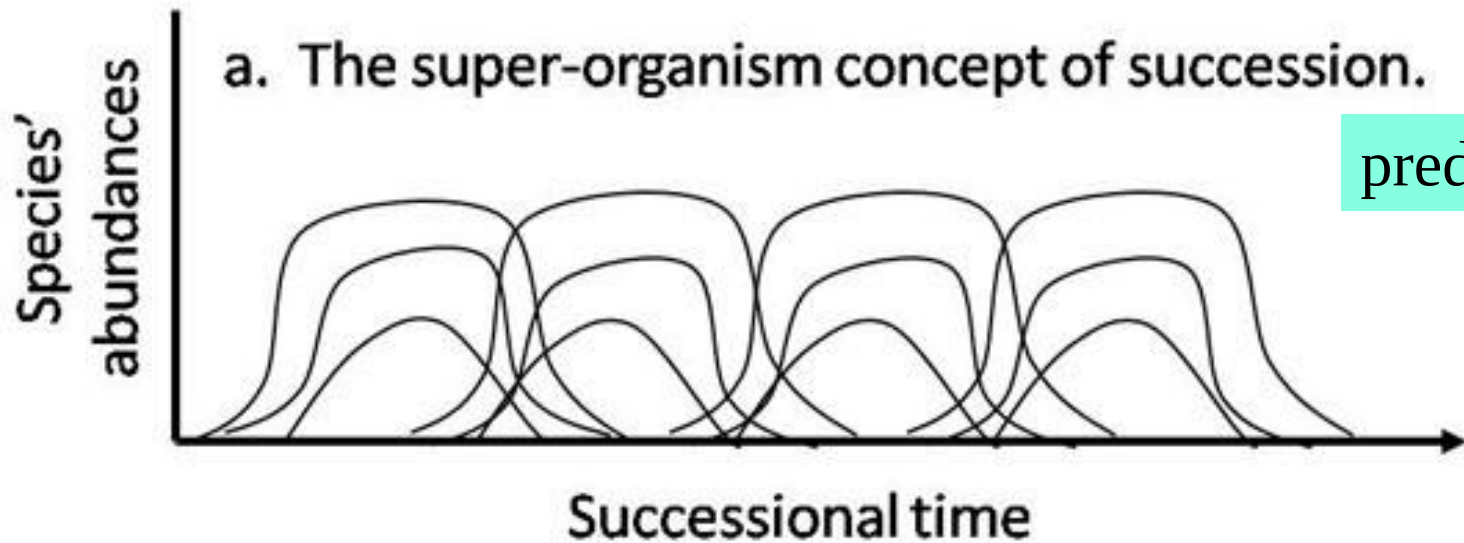


FIGURE 21.15 Representation of a forested landscape as a mosaic of patches in various stages of successional development. Although each patch is continuously changing, the average characteristics of the forest may remain relatively constant—in a steady state.

A CONTROVÉRSIA DA TEORIA DA SUCESSÃO - RECAPITULANDO

- **Cowles (1899)** pioneiro no reconhecimento da sucessão
- **Clements (1916)** : **teoria organísmica**: as comunidades ecológicas são superorganismos, com as espécies mutuamente interagindo, globalmente direccionadas e altruísticas, com um objectivo comum: sobrevivência e evolução.
- **Seres** (estados intermédios **instáveis**) ➤ **Climax** (estado final estável)
- Investigadores organísmicos importantes: **Egler (1952)** e a hipótese da composição inicial determinante; **Odum (1969)** e o conceito de **predictabilidade** da sucessão (e das propriedades comunitárias)
- **Gleason (1917)** As comunidades ecológicas são conjuntos de indivíduos (taxocenoses) que respondem isoladamente às condições ambientais de um dado contexto de espaço e de tempo, podendo ou não ser mutuamente benéficas e globalmente não apresentando direcionalidade, nem estabilidade
- **Borman & Likens (1979)** e a teoria do **mosaico dinâmico estável**: as diferentes fases da sucessão coexistem num ecossistema sob a forma de um mosaico



preditabilidade

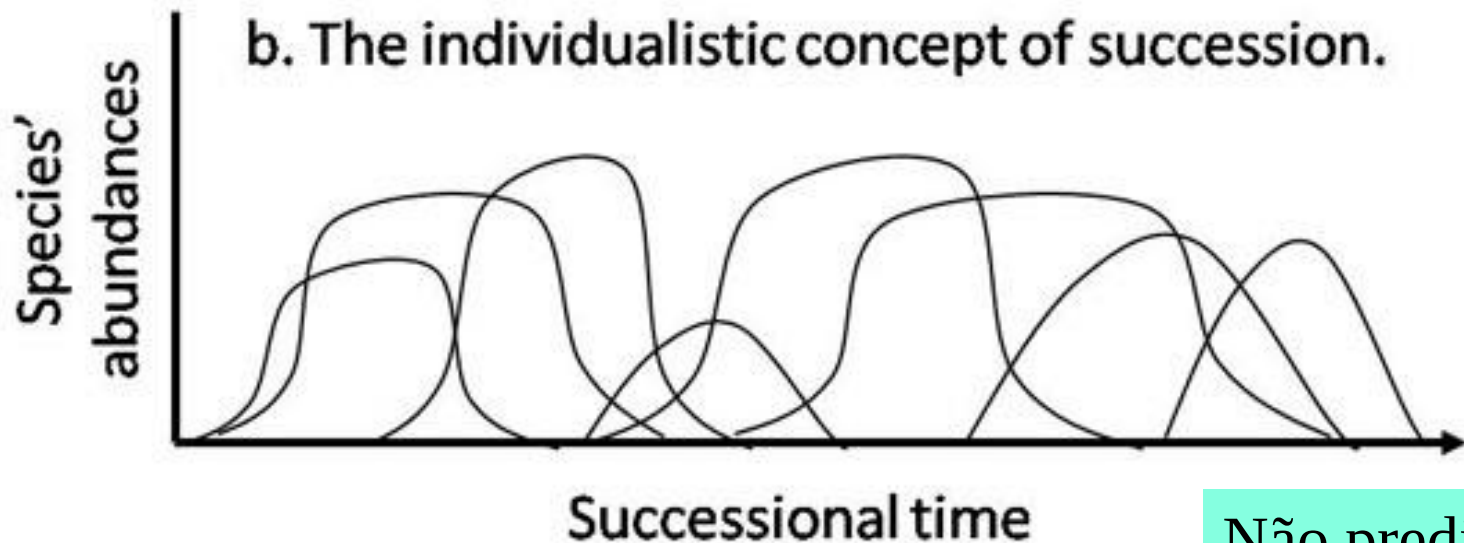
clements



Bormann
& Likens



gleason



Não preeditabilidade

SUCESSÃO o processo de alteração da composição das comunidades com o tempo após perturbações naturais ou antrópicas



What is Ecological Succession?

- Ecosystems are constantly changing. **Ecological succession** is a gradual process of change and replacement of the types of species in a community.
- Each new community makes it harder for the previous community to survive.

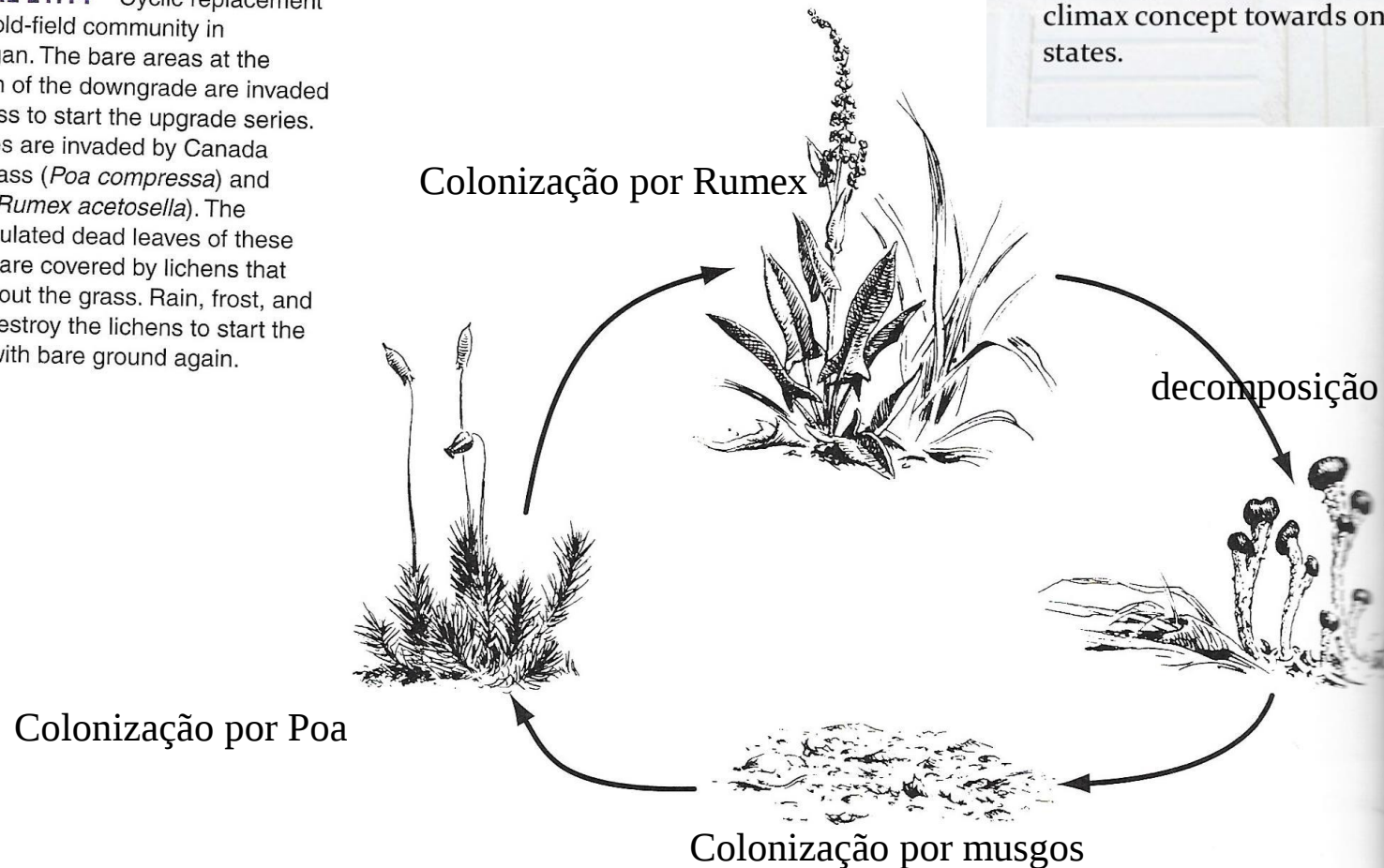
- Envolve as taxocenoses vegetais e animais
- É um processo dinâmico, biologicamente interactivo
- Sempre associada a um contexto particular de espaço e tempo
- Primária (vulcanismo, glaciação...) ou secundária (fogo, cortes, mortalidades, deslizamentos, mineração...)
- Sucessão primária é lenta e baseada na migração ex situ
- Sucessão secundária é rápida e baseada na migração in situ
- Sucessões sazonais (anuais, cíclicas, associadas a factores climáticos)
- Sucessões catastróficas (plurianuais, cíclicas, associadas a factores biológicos, climáticos ou perturbações)

SUCESSÃO CÍCLICA ANNUAL numa comunidade de pradaria

FIGURE 21.14 Cyclic replacement in an old-field community in Michigan. The bare areas at the bottom of the downgrade are invaded by moss to start the upgrade series. Mosses are invaded by Canada bluegrass (*Poa compressa*) and dock (*Rumex acetosella*). The accumulated dead leaves of these plants are covered by lichens that crowd out the grass. Rain, frost, and wind destroy the lichens to start the cycle with bare ground again.

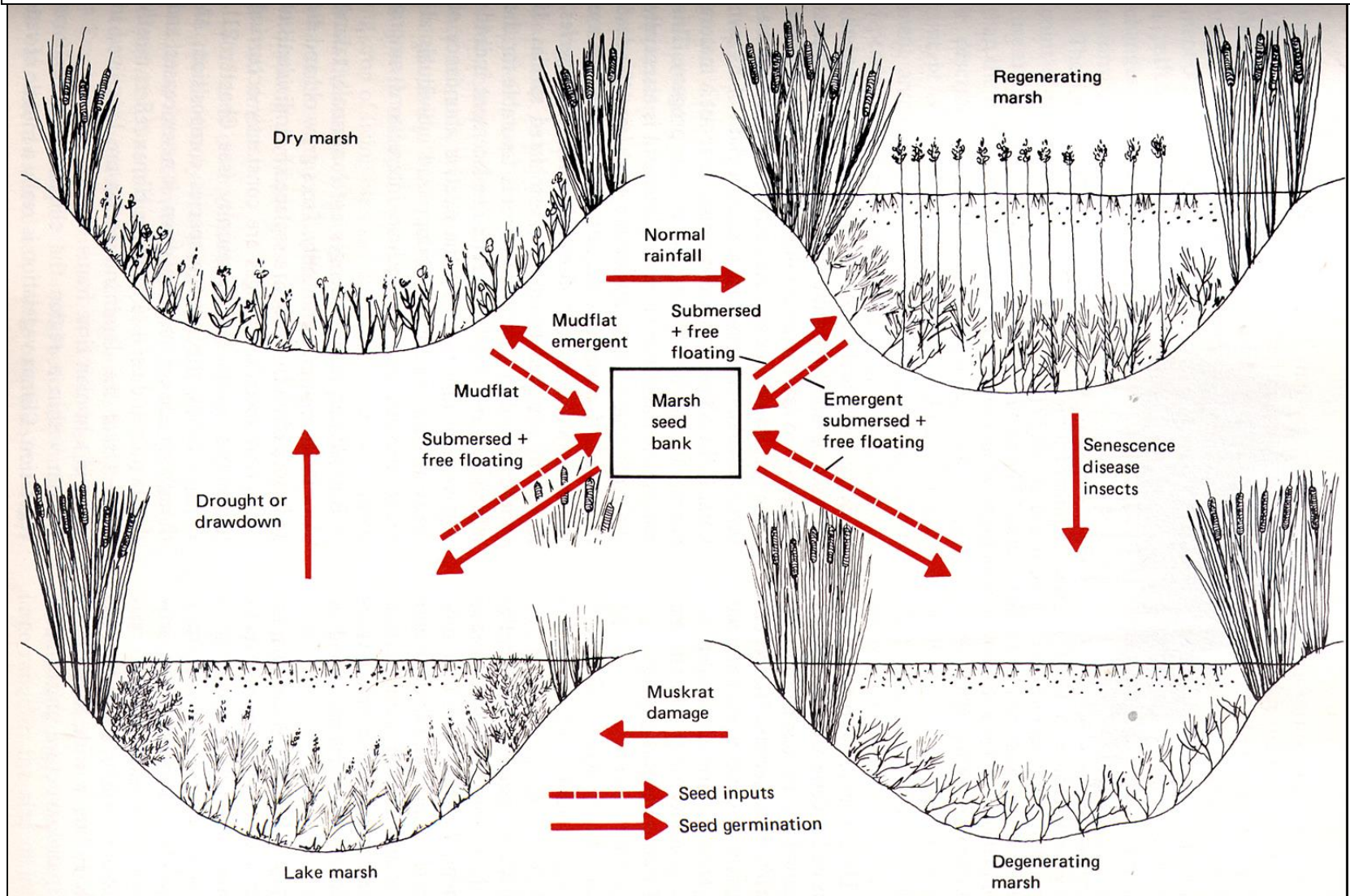
Cyclic succession

Unlike secondary succession, these types of vegetation change are not dependent on disturbance but are periodic changes arising from fluctuating species interactions or recurring events. These models propose a modification to the climax concept towards one of dynamic states.

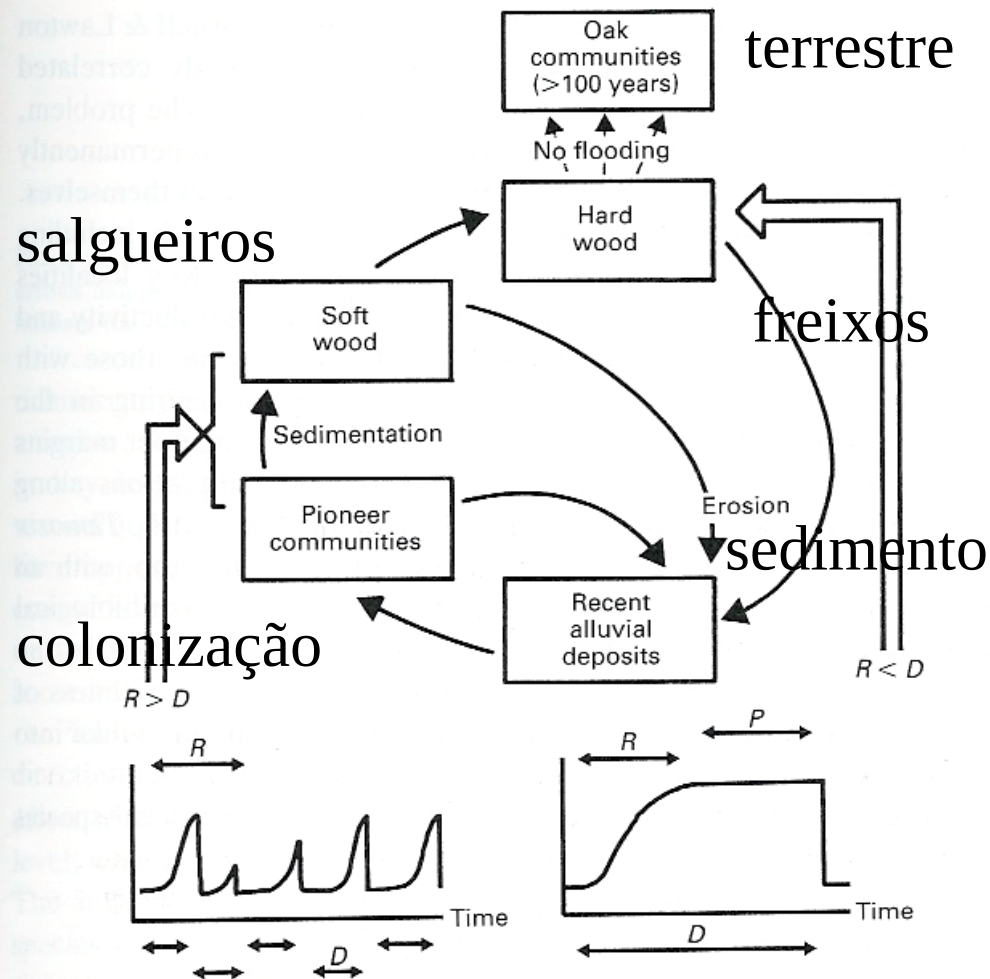


SUCESSÕES CÍCLICAS PLURIANUAIS

Lagoa costeira

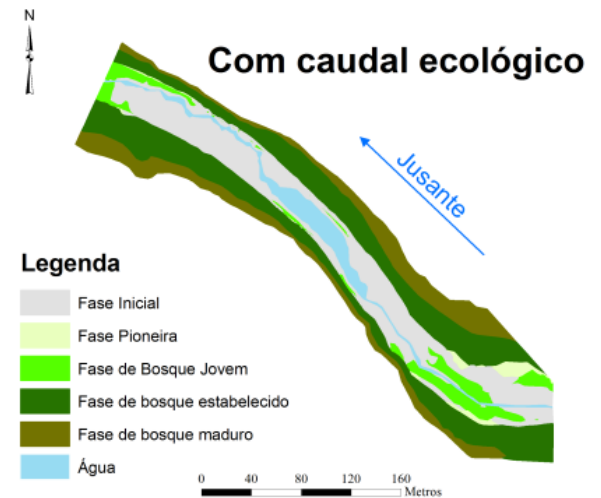
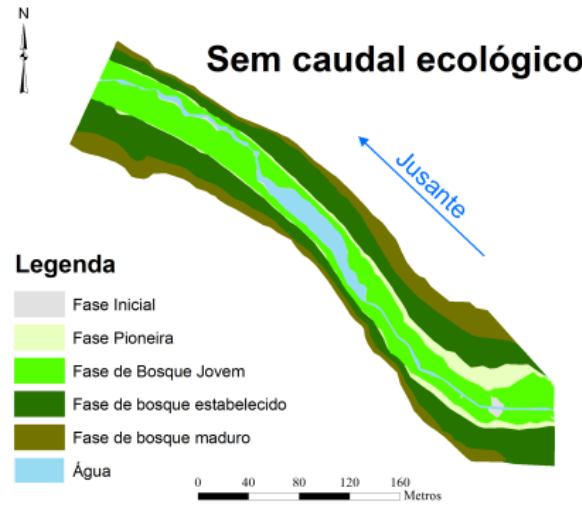
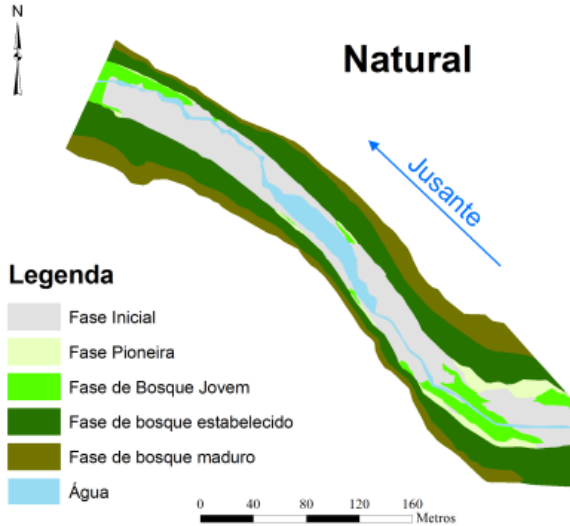
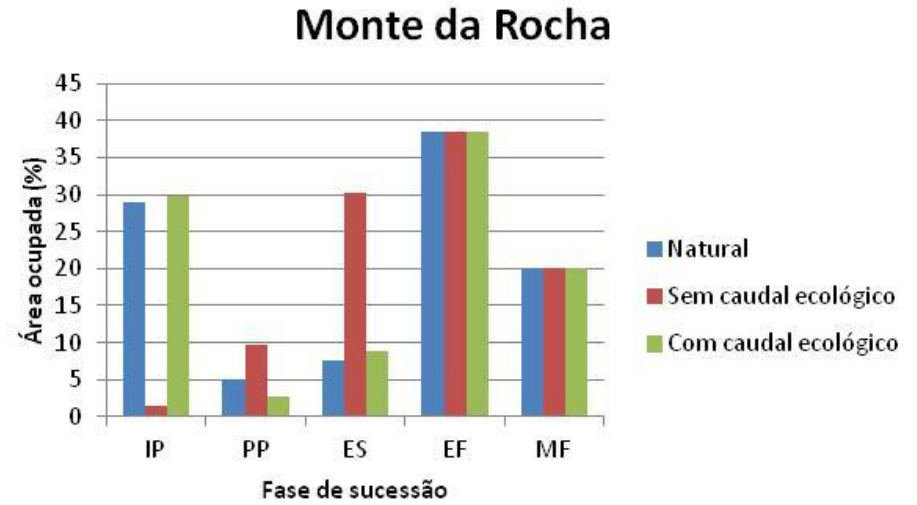
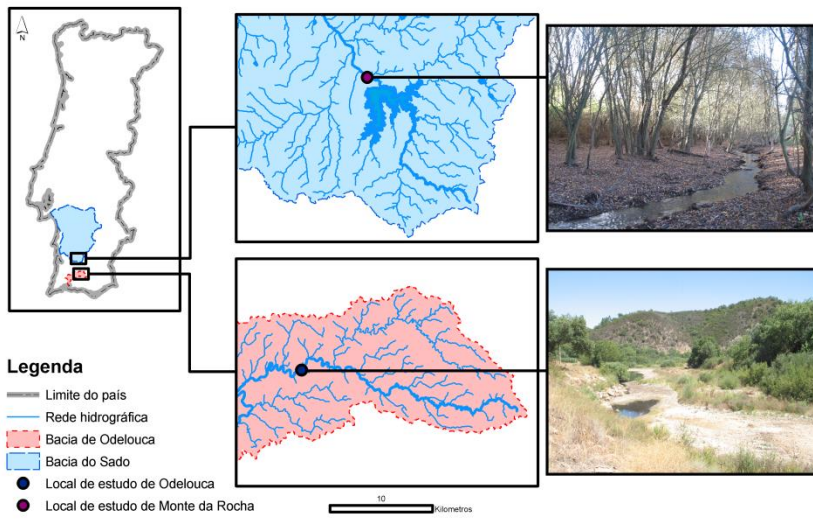


SUCESSÕES CÍCLICAS DETERMINADAS POR PERTURBAÇÕES PERIÓDICAS: o caso das cheias de inverno



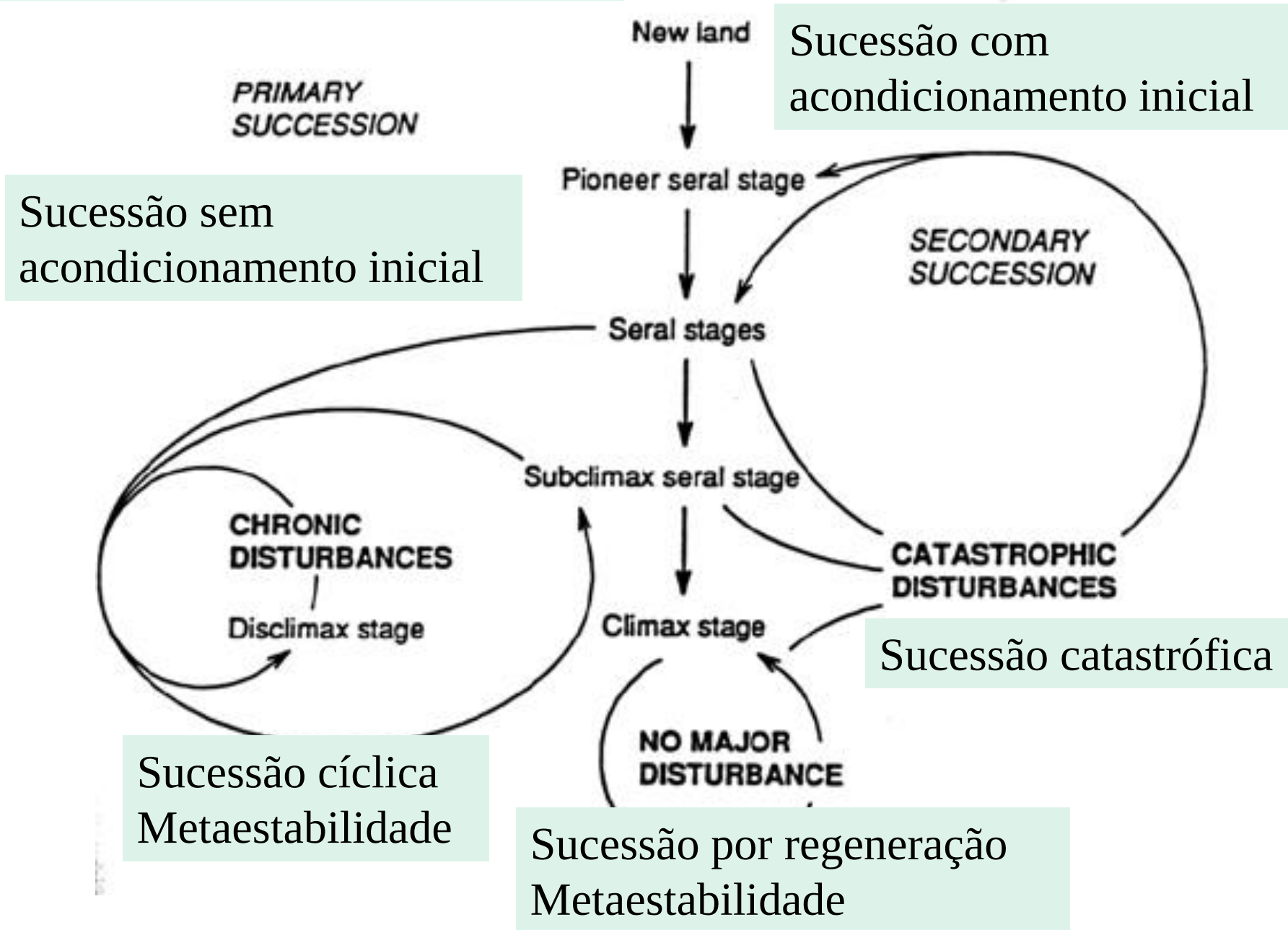
Influência da perturbação do regime de cheias nas plantas ripárias. Sistemas instáveis tem fases de recuperação R superiores ao intervalo de recorrência das cheias D , ao contrário de sistemas estáveis. As comunidades pioneiras e de espécies ripárias dominam em sistemas instáveis e os carvalhais dominam nas situações estáveis. P = persistência

META-ESTABILIDADE – manutenção das características do ecossistema por perturbação (cíclica ou catastrófica) e regresso recorrente ao estado inicial

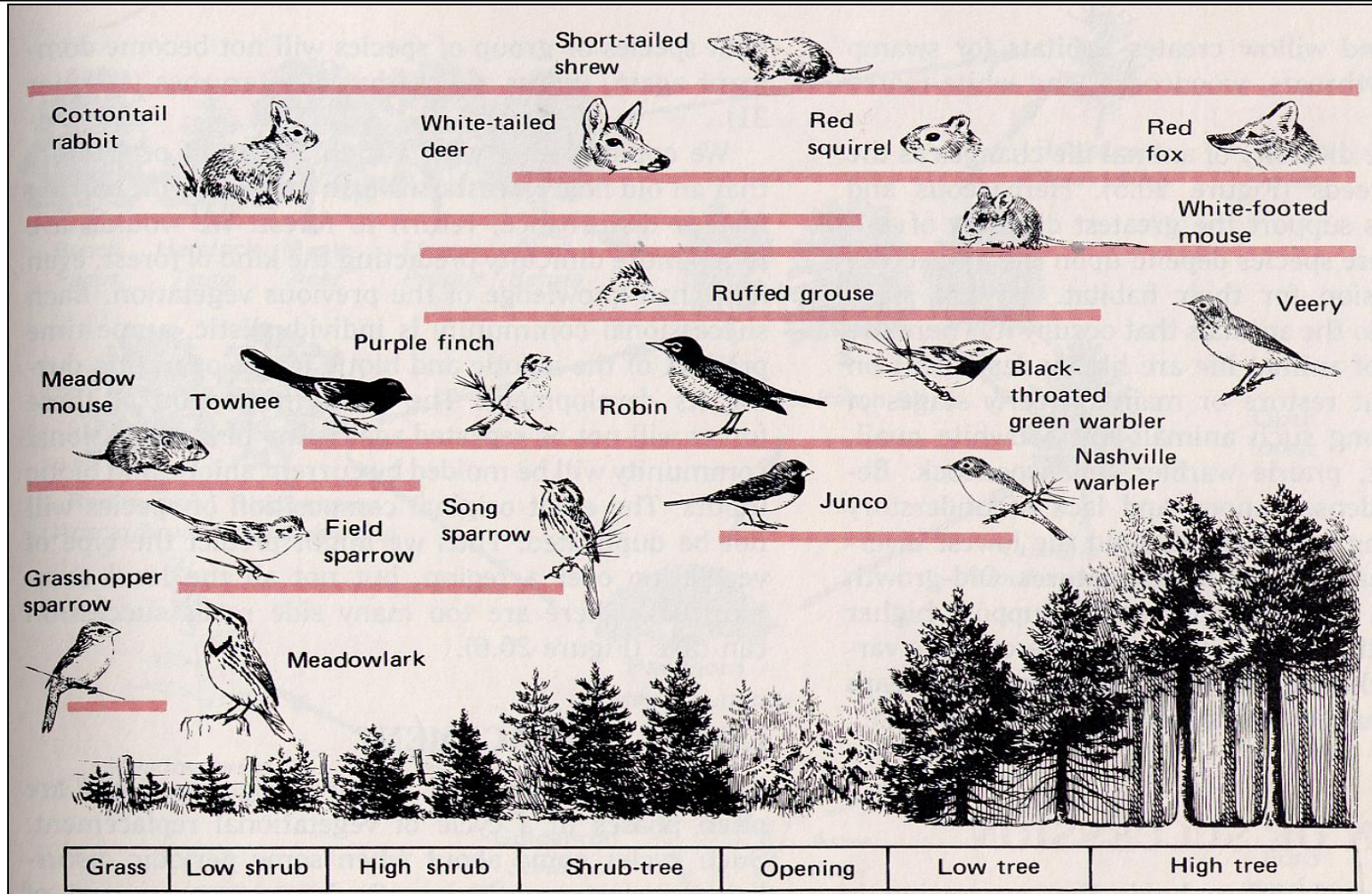


Predictabilidade das sucessões cíclicas pode ser usada para gestão dos ecossistemas

RECAPITULANDO



SUCESSÕES ANIMAIS ASSOCIADAS



MAS QUAIS SÃO OS PROCESSOS ECOLÓGICOS QUE DETERMINAM ESTA SUCESSÃO DE ESPÉCIES?

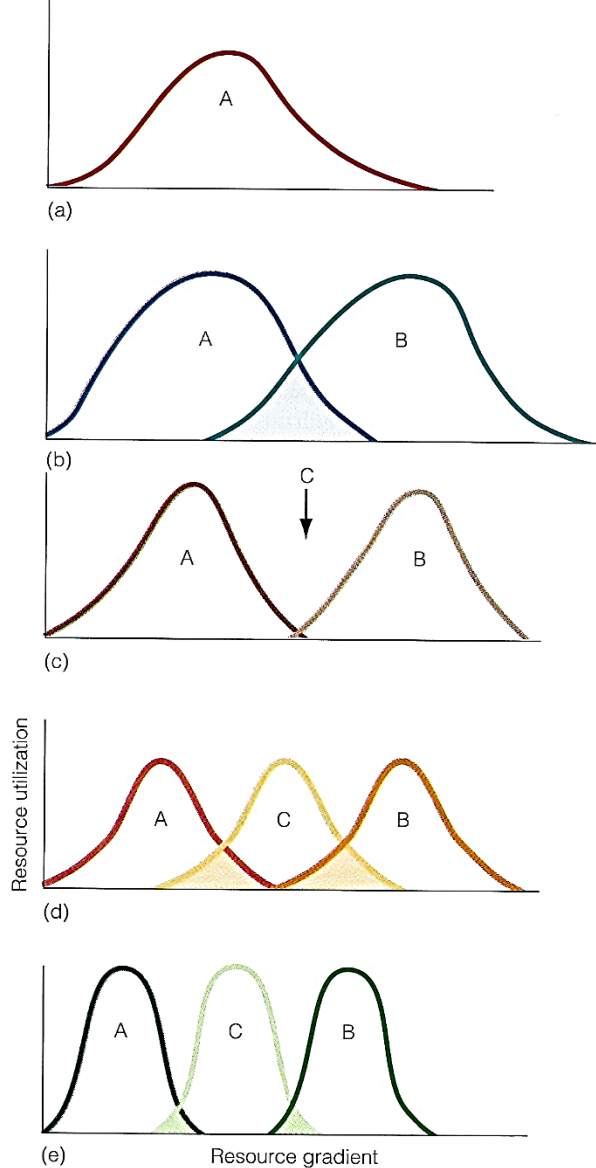


FIGURE 14.9 Theoretical resource gradient utilized by three competing species, A, B, and C. (a) A is the only species occupying the resource gradient. (b) Species B invades the resource gradient and partially competes with A. (c) In response to selective pressures, both A and B narrow their range of resource use to optimum, and C invades that portion used at less than an optimal level. (d) C competes with both A and B on parts of the resource gradient. (e) In response to selection pressure A, B, and C narrow their range of resource use to optimum.

Resource partitioning: **partição de recursos** alimentares e habitacionais
Nicho ecológico: recursos alimentares ou outros, ou área de habitat, explorados por dada espécie

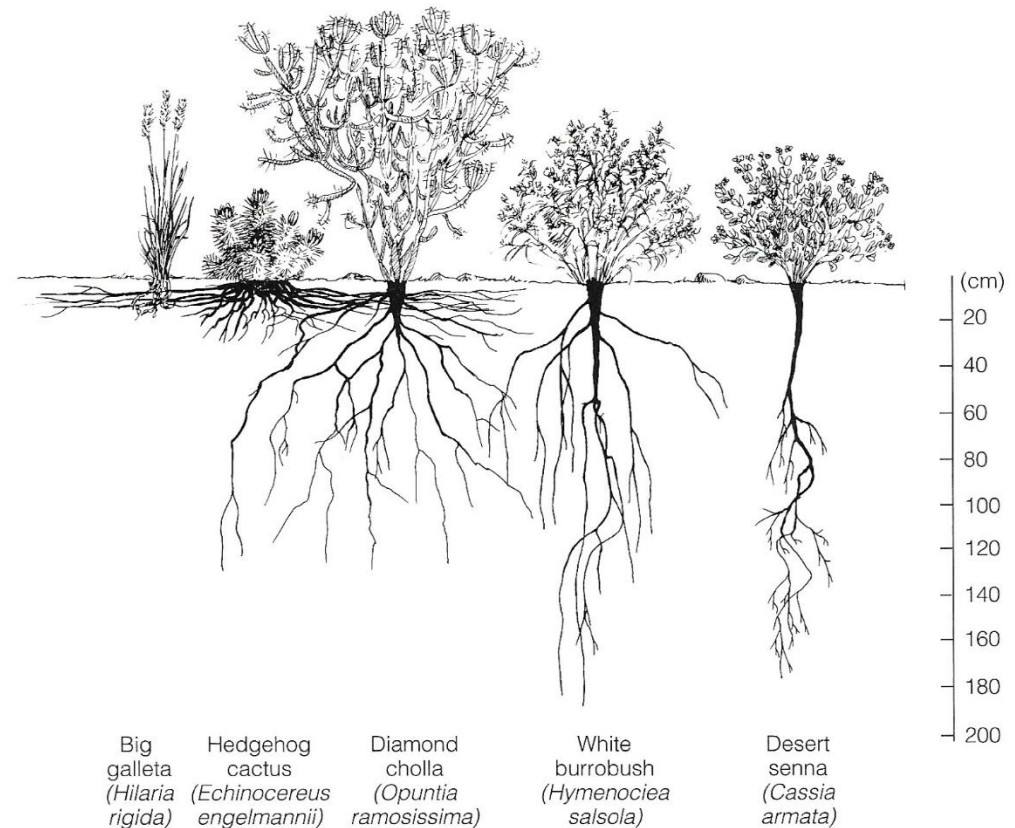


FIGURE 14.10 Partitioning of the soil resource by a group of Mojave Desert plants. Root system is species-specific. Species such as *Hilaria rigida* and *Echinocereus engelmannii* are surface rooters, able to take up moisture quickly during occasional rains. *Opuntia* and *White burrobush* employ more spreading roots at various intermediate depths. Plants such as *Cassia* taproots. Plants with the same root morphology are not near neighbors. (After Cody 1987.)

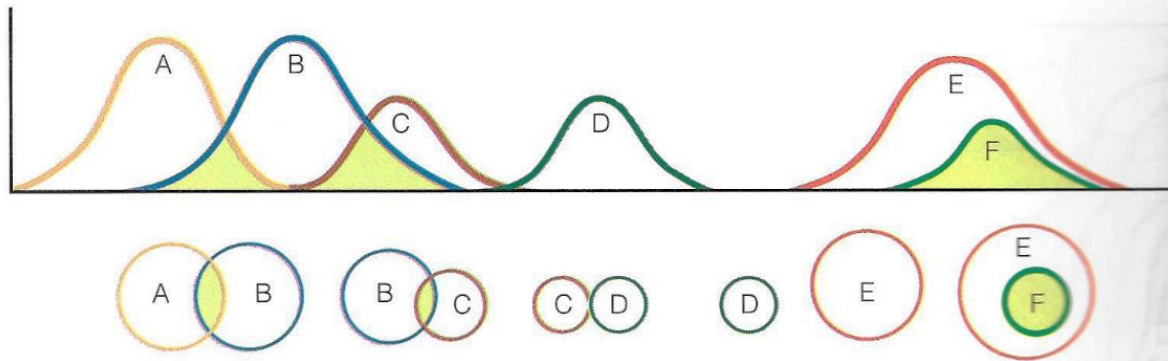


FIGURE 14.19 Niche relationships visualized as graphs on a resource gradient and as Venn diagrams. Species A and B have overlapping niches of equal breadth but are competitive at opposite ends for the resource gradient. B and C have overlapping niches of unequal breadth. Species C shares a greater proportion of its niche with B than B does with C. (However, B shares its niche also with A at the other end.) C and D occupy adjacent niches with little possibility of competition. D and E occupy disjunct niches and no competition exists. Species F has a niche contained within the niche of E. If F is superior to E competitively, it persists and E shares that part of its niche with F. Compare Figure 14.18. (Adapted from Pianka 1978.)

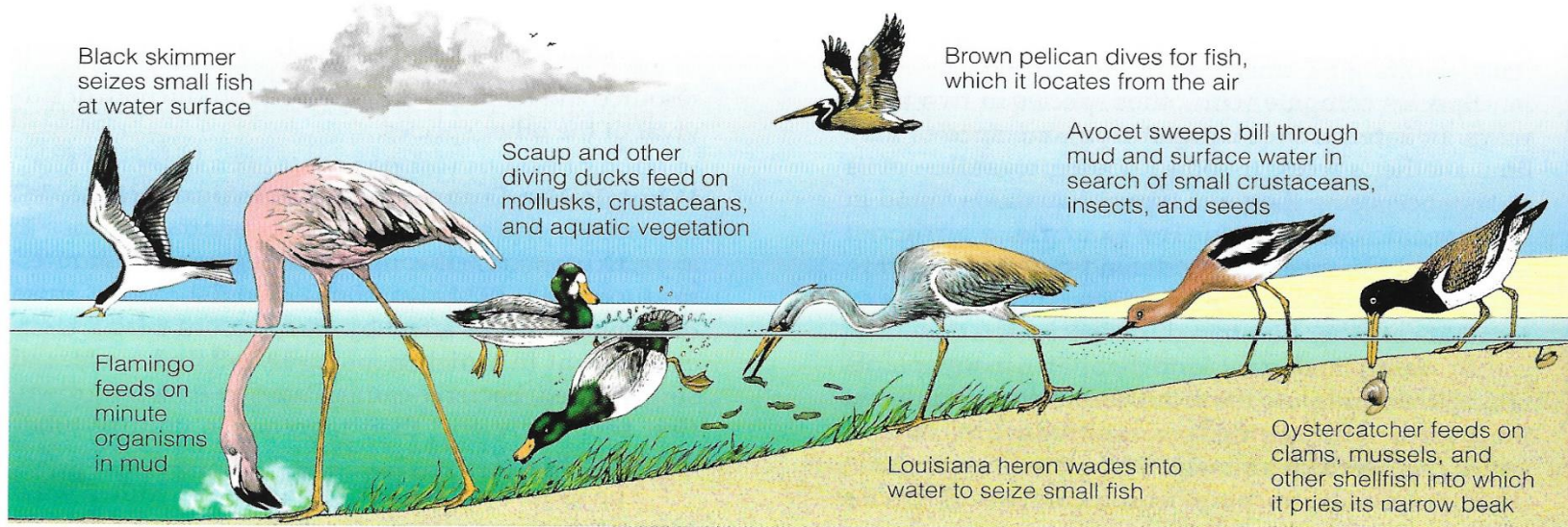


Figure 8-9 Specialized feeding niches of various bird species in a coastal wetland. Such resource partitioning reduces competition and allows sharing of limited resources.

FIGURE 14.20 Niche overlap and habitat partitioning among three species of grassland sparrows on a Pennsylvania study site. A two-dimensional plot of the first (habitat) and second (territory size) discriminant axes. Note the wide separation between the two congeneric species, the grasshopper and Henslow's sparrows. (From Pihler 1987.)

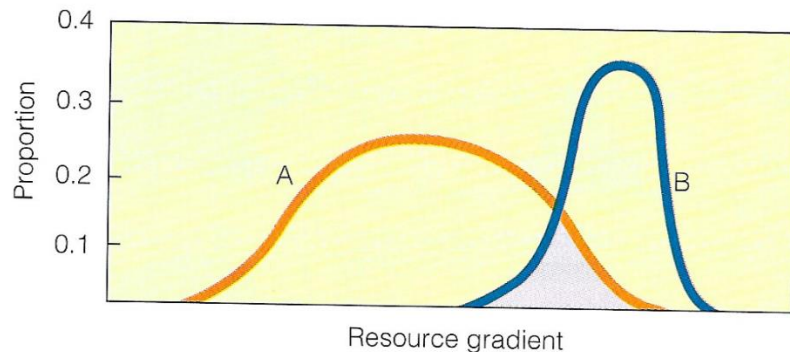
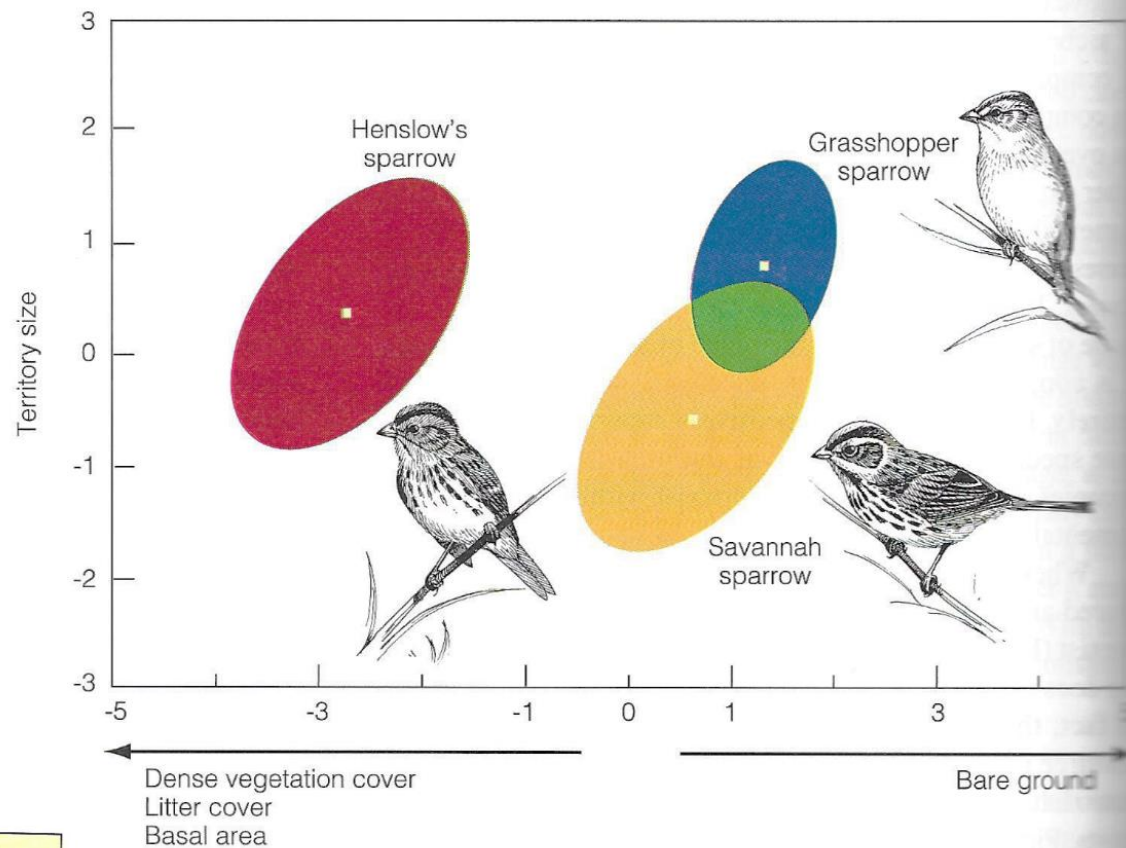


FIGURE 14.22 Hypothetical distribution of a species with a broad niche (A) and a species with a narrow niche (B) on a resource gradient. The niches overlap (shaded area). Species A overlaps a greater proportion of species B more than B overlaps A.

Amplitude de nicho ecológico/
 niche breadth: largura de exploração
 do gradiente de recursos
Sobreposição de nichos/ niche
 overlap: duas ou mais espécies
 exploram o mesmo recurso

O MODELO DA VARIAÇÃO DE RECURSOS DISPONÍVEIS (Tilman, 1985):

1. As plantas competem permanentemente por recursos limitantes
2. Cada espécie apresenta uma habilidade competidora superior para dado conjunto/proporção de recursos disponíveis
3. Os recursos disponíveis variam no espaço e no tempo
4. Durante uma sucessão, a variação de recursos disponíveis é direcionada (em função do consumo, da reciclagem biogeoquímica e da perturbação)
5. A competição pelos recursos determina a sucessão vegetal e animal

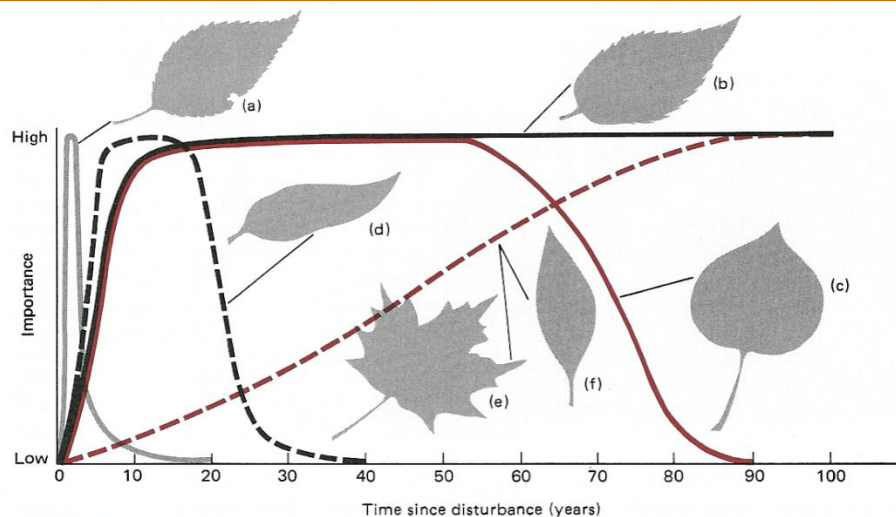


FIGURE 21.2 Species assume different degrees of importance along a gradient of time following the disturbance of a typical northern hardwoods forest. Immediately after disturbance, blackberries (a) dominate the site, but they quickly give way to yellow birch (b), quaking aspen (c), and pin cherry (d). Intolerant pin cherry assumes dominance early but within 30 years fades from the forest. Yellow birch, an intermediate species, assumes early dominance, which it retains into the mature stand. Quaking aspen, an intolerant species, begins to drop out after 50 years. Meanwhile sugar maple (e) and beech (f), highly tolerant species, slowly gain dominance through time. In about 100 years the forest is dominated by beech, maple, and birch.

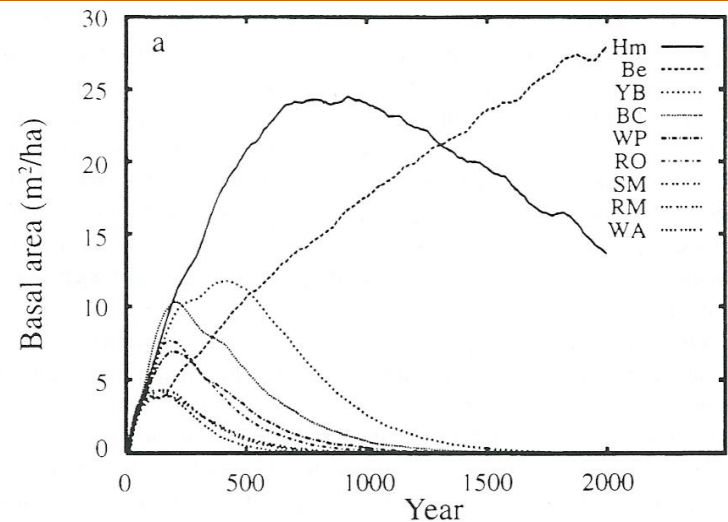


FIGURE 13.3. Patterns of forest succession predicted by the SORTIE model. The model predicts replacement of shade-intolerant species by the shade-tolerant species eastern hemlock and American beech. Key to species: Hm = eastern hemlock, Be = American beech, YB = yellow birch, BC = black cherry, WP = white pine, RO = red oak, SM = sugar maple, RM = red maple, WA = white ash. (Reprinted from Pacala et al., 1996, with permission of the Ecological Society of America.)

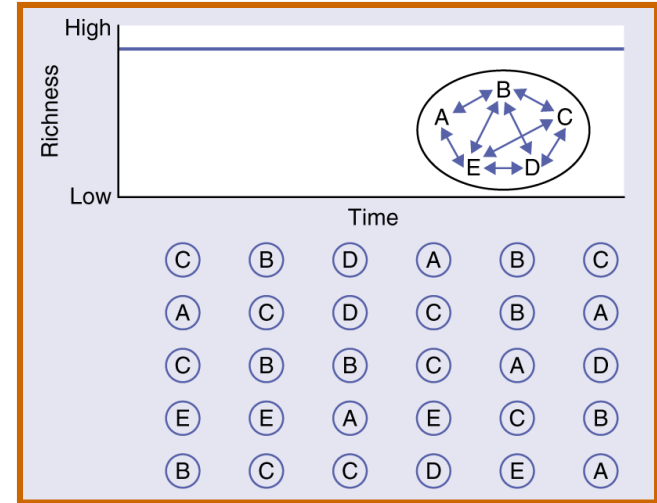
CONCEITO DO MOSAISMO DINÂMICO

Patch dynamic concept

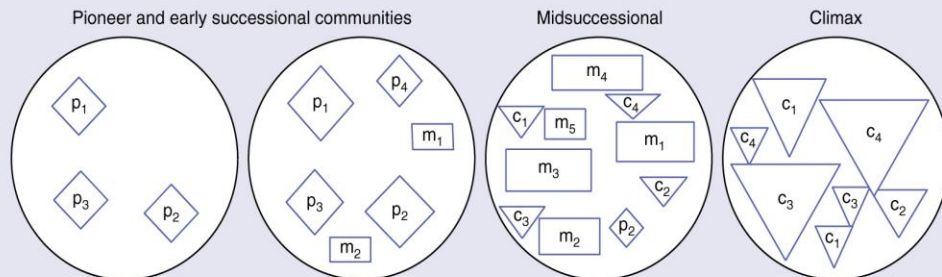
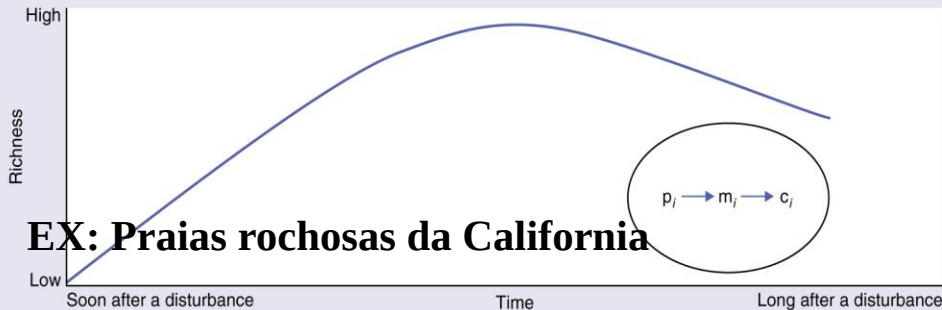
As populações e comunidades habitam sistemas abertos, com diferente dinâmica intra-mosaico e com relações variáveis entre si. As perturbações criam espaços entre mosaicos (**gaps**) e aumentam o mosaismo (**patch**). Duas situações:

Modelo da lotaria competitiva: todas as espécies bons colonizadores e competidores; à medida que os espaços se abrem são colonizados imediatamente por qualquer delas

Recifes de coral



EX: Praias rochosas da Califórnia



EX: Modelo da sucessão competitiva: as espécies são competidoras superiores em diferentes situações e vão desaparecendo dos mosaicos; à medida que novos espaços se abrem, as espécies iniciais podem regressar

TABLE 13-1. Suggested changes in a variety of ecosystem properties during ecological succession.

Variable	Early Succession	Late Succession
GPP/Respiration	> or <1	~1
GPP/Biomass	High	Low
Biomass/Energy	Low	High
Yield = NPP	High	Low
Food chains	Linear	Web-like
Total organic matter	Small	Large
Nutrients	Extrabiotic	Intrabiotic
Species richness	Low	High
Species evenness	Low	High
Biochemical diversity	Low	High
Stratification and pattern	Poorly organized	Well organized
Niche specialization	Broad	Narrow
Size	Small	Large
Life cycles	Short, simple	Long, complex
Mineral cycles	Open	Closed
Nutrient exchange	Rapid	Slow
Role of detritus	Unimportant	Important
Selection on growth form	<i>r</i> -Selection	<i>k</i> -Selection
Selection on production	Quantity	Quality
Symbiosis	Undeveloped	Developed
Nutrient conservation	Poor	Good
Stability	Low	High
Entropy	High	Low
Information content	Low	High

GPP = gross primary production = total photosynthesis.
 NPP = net primary production = total photosynthesis-respiration.
 Modified and reprinted with permission from Odum, 1969. © 1969
 American Association for the Advancement of Science.

OS TRÊS MECANISMOS DA SUCESSÃO:

FACILITAÇÃO

As espécies pioneiras modificam as condições ambientais, facilitando o surgimento das seguintes

TOLERÂNCIA

As espécies pioneiras não tem efeito sobre as seguintes nem estas se estabelecem por causa das primeiras, simplesmente reagem a diferentes condições ambientais

INIBIÇÃO

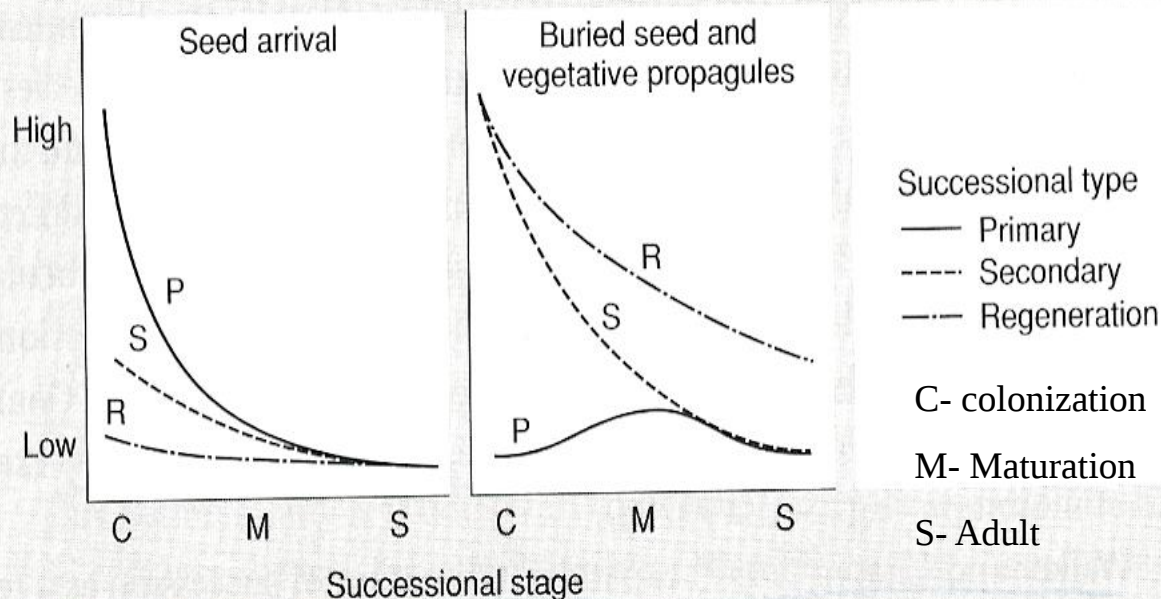
As espécies que surgem depois competem com as anteriores, desalojando-as

A PROPORÇÃO RELATIVA DOS MECANISMOS ECOLÓGICOS VARIA (Walker e Chapin, 1987):

- Com o tipo de sucessão: primária, secundária, regeneração
- Com o estágio temporal da sucessão: colonização, maturação, senescência

VARIAÇÃO DE TRAÇOS DE ECOSSISTEMA DURANTE A SUCESSÃO

Chegada de sementes e Sementes enterradas e propágulos



Sucessão P
primária e S
secundária
Regeneração=
shifting mosaic

C- estados
iniciais, M-
intermédios e
S- finais da
sucessão

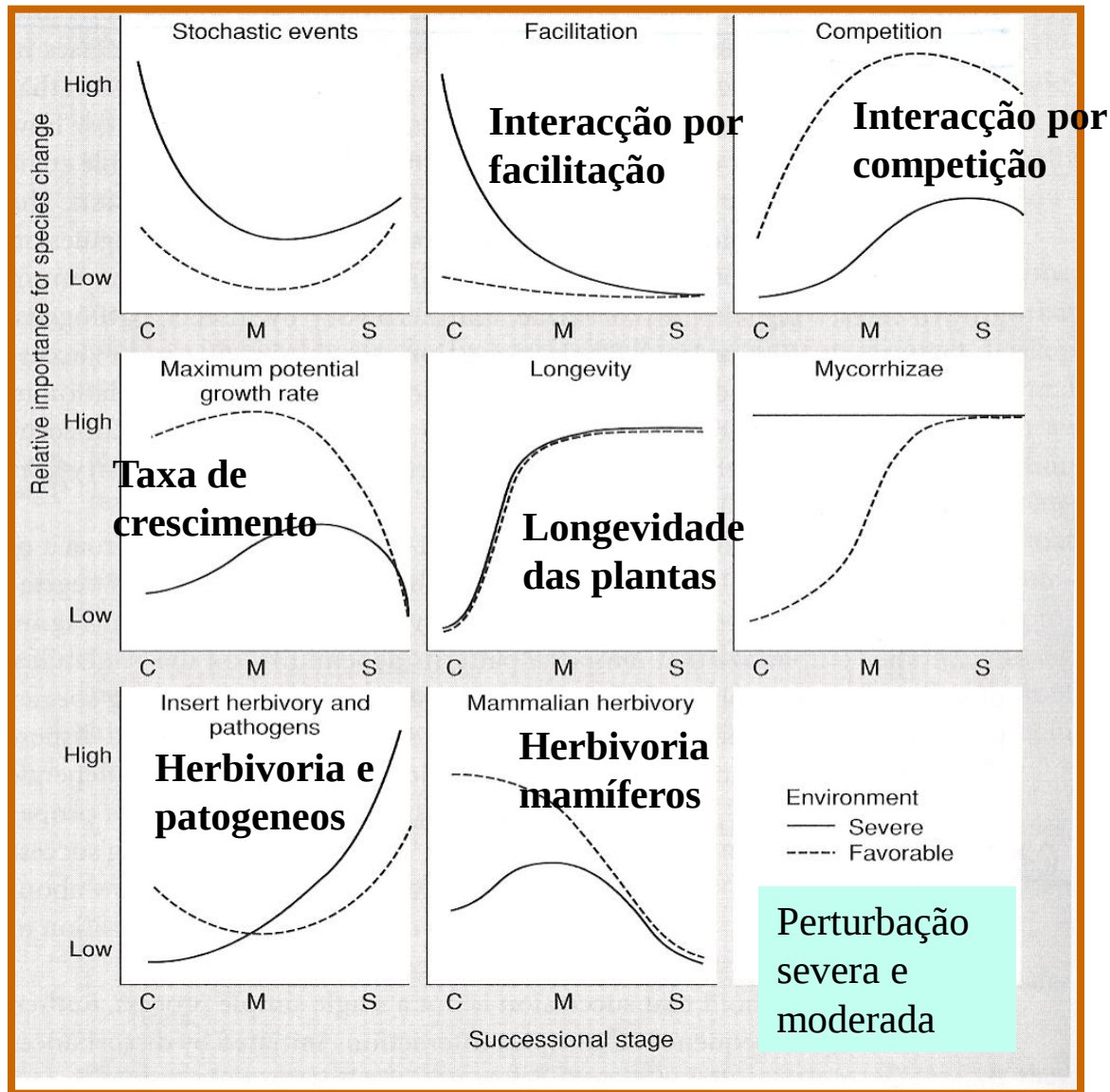
Importância relativa de mudança das espécies

A PROPORÇÃO RELATIVA DESTES MECANISMOS VARIA (Walker e Chapin, 1987):

•Com o estágio temporal da sucessão: colonização, maturação, senescência

•Com o grau de perturbação e dureza ambiental: pouco acentuada ou severa

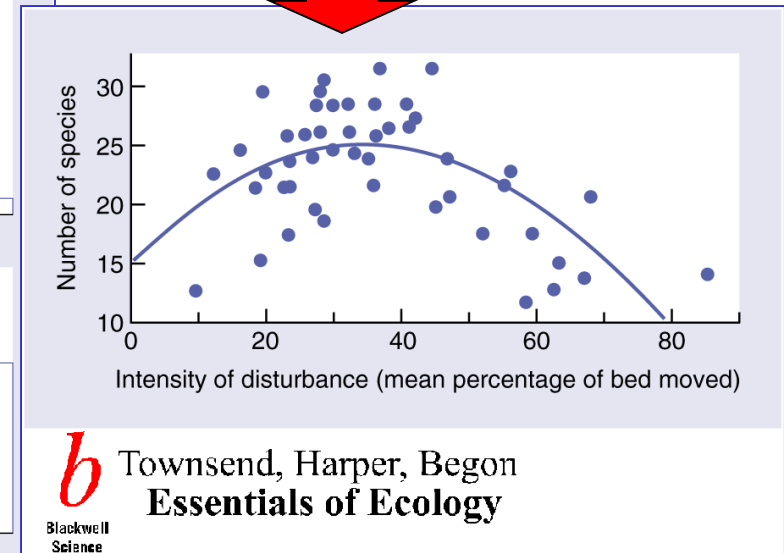
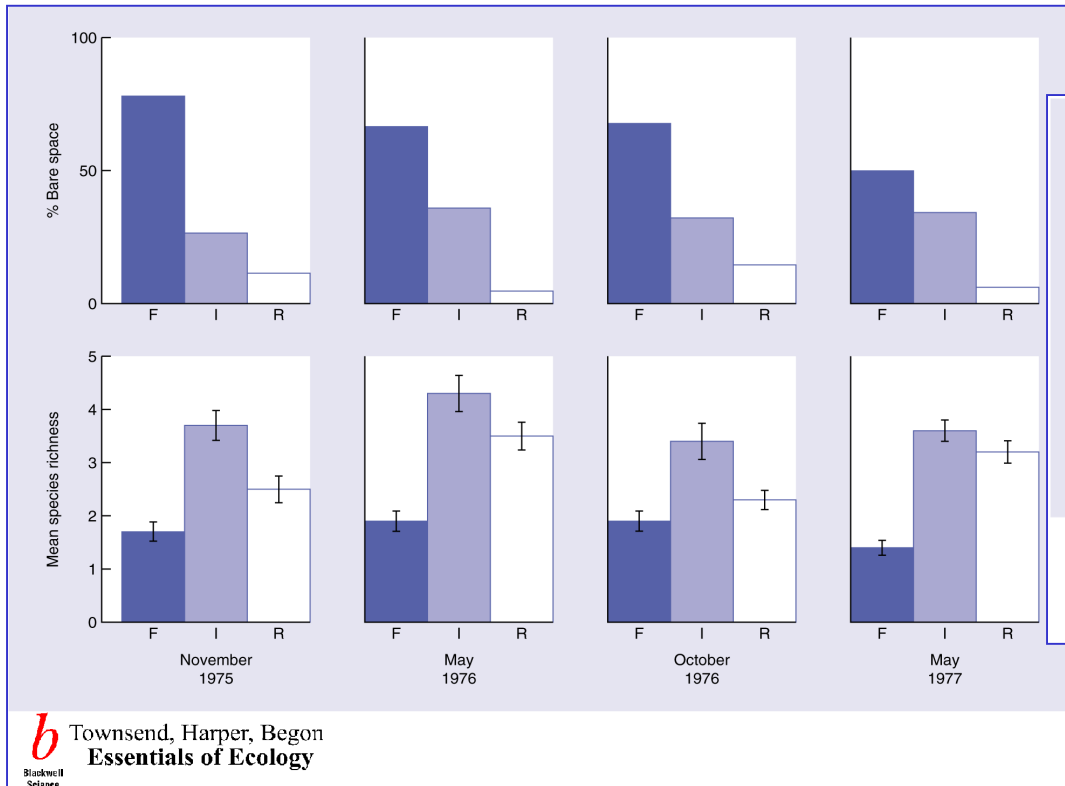
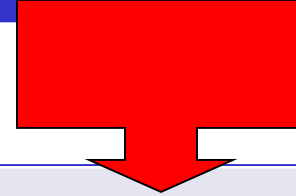
C- estados iniciais,
M- intermédios e S-
finais da sucessão



OU SEJA, a direcção da sucessão depende dos factores que nela estão a intervir, incluindo os relacionados com o ambiente (tipo, área, perturbação), com as características da colonização das espécies progressivamente disponíveis e com as características biológicas, *performance* e interacção das espécies que se vão sucedendo, e ainda de factores animais como a herbivoria

Hipótese da perturbação intermédia

Connell, 1978

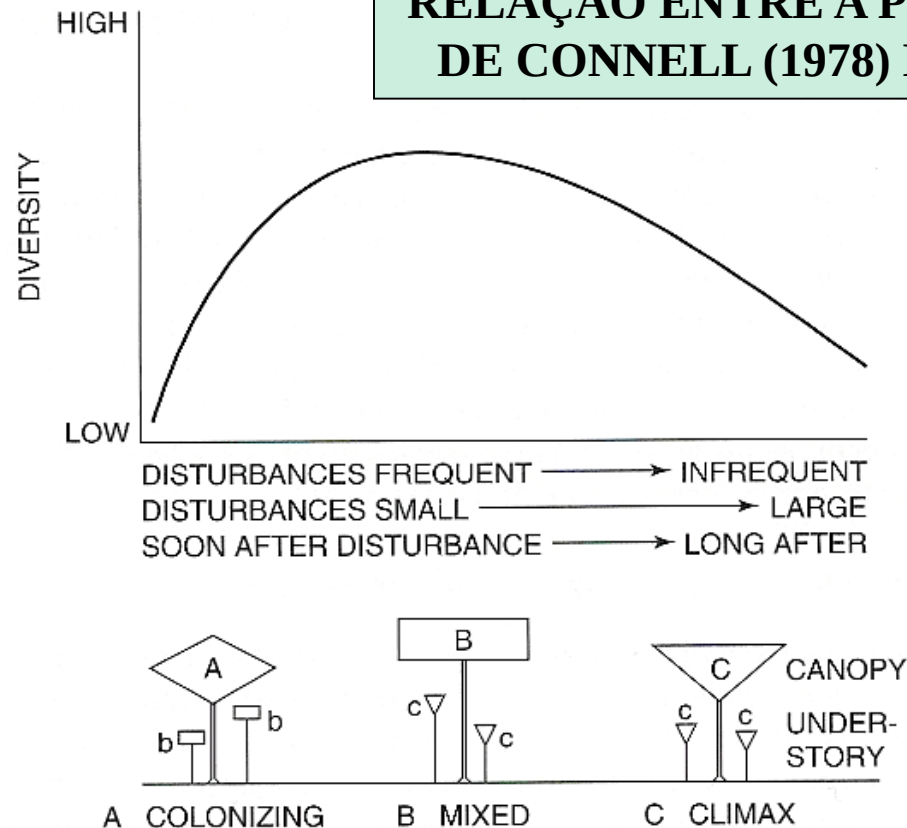


Variação da riqueza de macroinvertebrados do leito fluvial

% espaço vazio de pedras numa praia rochosa da Califórnia em função da energia necessária para mover as pedras. F-<49 newton; I-50 a 294 N; R- >294 N (Sousa, 1979)

Maiores riquezas ocorrem em situações de perturbação ambiental DE FREQUÊNCIA MÉDIA, e em ambientes medianamente instáveis

RELAÇÃO ENTRE A PERTURBAÇÃO INTERMÉDIA DE CONNELL (1978) E AS ETAPAS DA SUCESSÃO



- 20.16. General relationship between tree species diversity and disturbance related to frequency of disturbance, size of disturbed area, and temporal scale corresponding to early- (colonizing), mid- (mixed), and late-successional stages of succession in the wet tropical Budongo rain forest of Uganda. The diagram represents the “intermediate disturbance hypothesis” where a mixture of early- and late-successional tree species exhibits the greatest tree-species diversity at an intermediate position in disturbance frequency and size and time after disturbance. (After Connell, 1978. Reprinted with permission from *Science* 199, p 1303, © 1989 by the American Association for the Advancement of Science.)

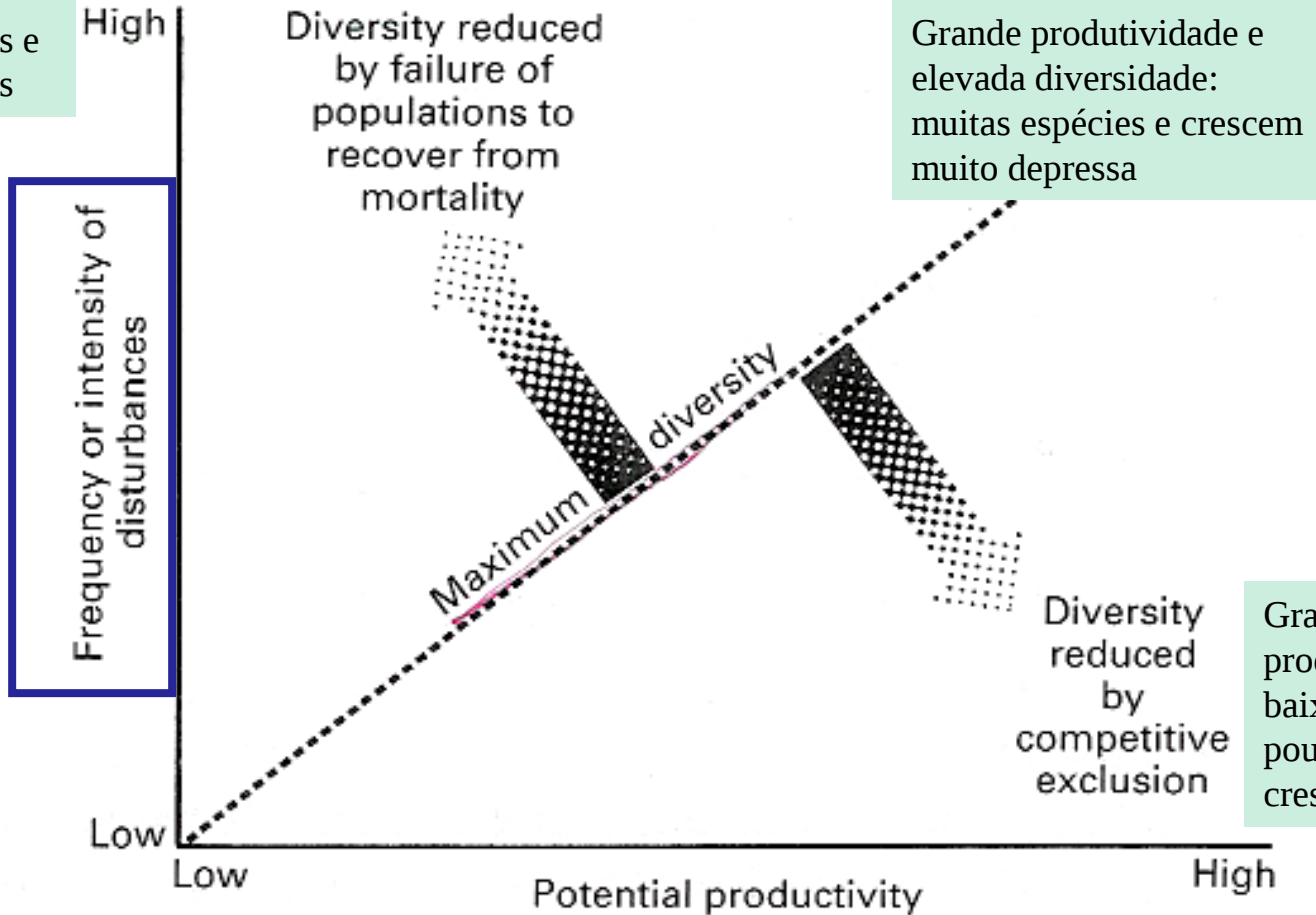


Usar a perturbação
intermédia a nosso favor:
Cultura de bivalves na
zona de águas de
transição de Olhão



Perturbação intermédia está associada a maior diversidade e maior produtividade (grande P/B)

Baixa produtividade e baixa riqueza: poucas espécies e em dificuldades



Grande produtividade e elevada diversidade: muitas espécies e crescem muito depressa

Grande produtividade mas baixa diversidade: poucas espécies e crescem muito

O modelo do equilíbrio dinâmico de Huston: máxima produtividade na intensidade média de perturbação

PERTURBAÇÃO acontecimento discreto no tempo que altera os ecossistemas, comunidades ou populações, ou ainda os habitats, condições de vida ou recursos disponíveis

- Origem natural ou antrópica
- Dimensão (em área e tempo; a escala depende da comunidade)
- Frequência (número de perturbações por unidade de tempo)
- Periodicidade (tempo médio entre perturbações)
- Intensidade (a força física do evento por espaço e por tempo)
- Severidade (grandeza da alteração provocada)

AGENTES DE PERTURBAÇÃO

NATURAIS

- ☐ CHEIAS E SECAS
- ☐ VENTO
- ☐ FOGO
- ☐ ANIMAIS

ANTRÓPICAS

- ☐ ACTIVIDADES FLORESTAIS
- ☐ ACTIVIDADES AGRÍCOLAS
- ☐ REGULARIZAÇÃO
- ☐ POLUIÇÃO
- ☐ URBANIZAÇÃO
- ☐ ALTERAÇÕES GLOBAIS

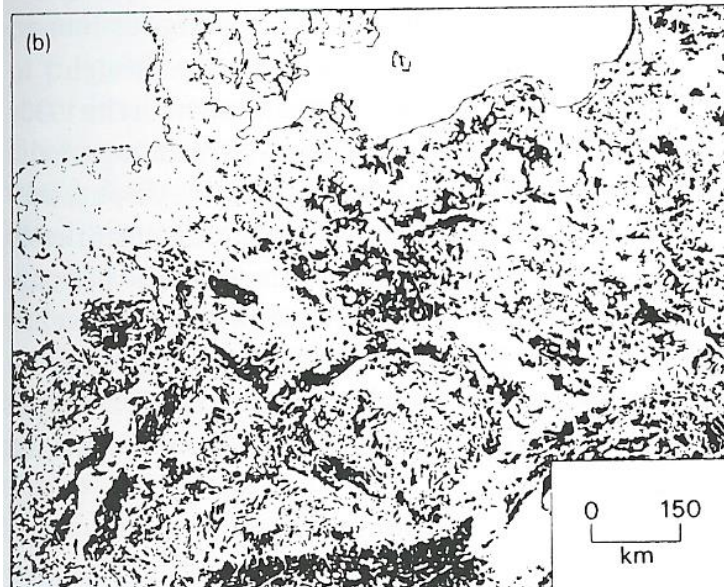
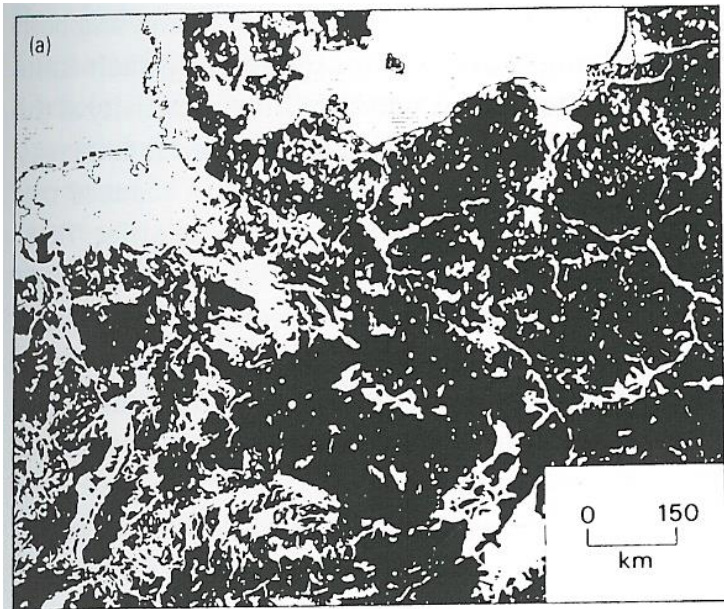
PERTURBAÇÃO ANTRÓPICA - TIPOLOGIAS

1. Impacto demográfico (poluição, urbanização, alterações globais)
2. Uso não sustentável dos recursos naturais (regularização, pesca, caça, extracção de inertes)
3. Destruição ou fragmentação de habitats (agricultura, silvicultura)

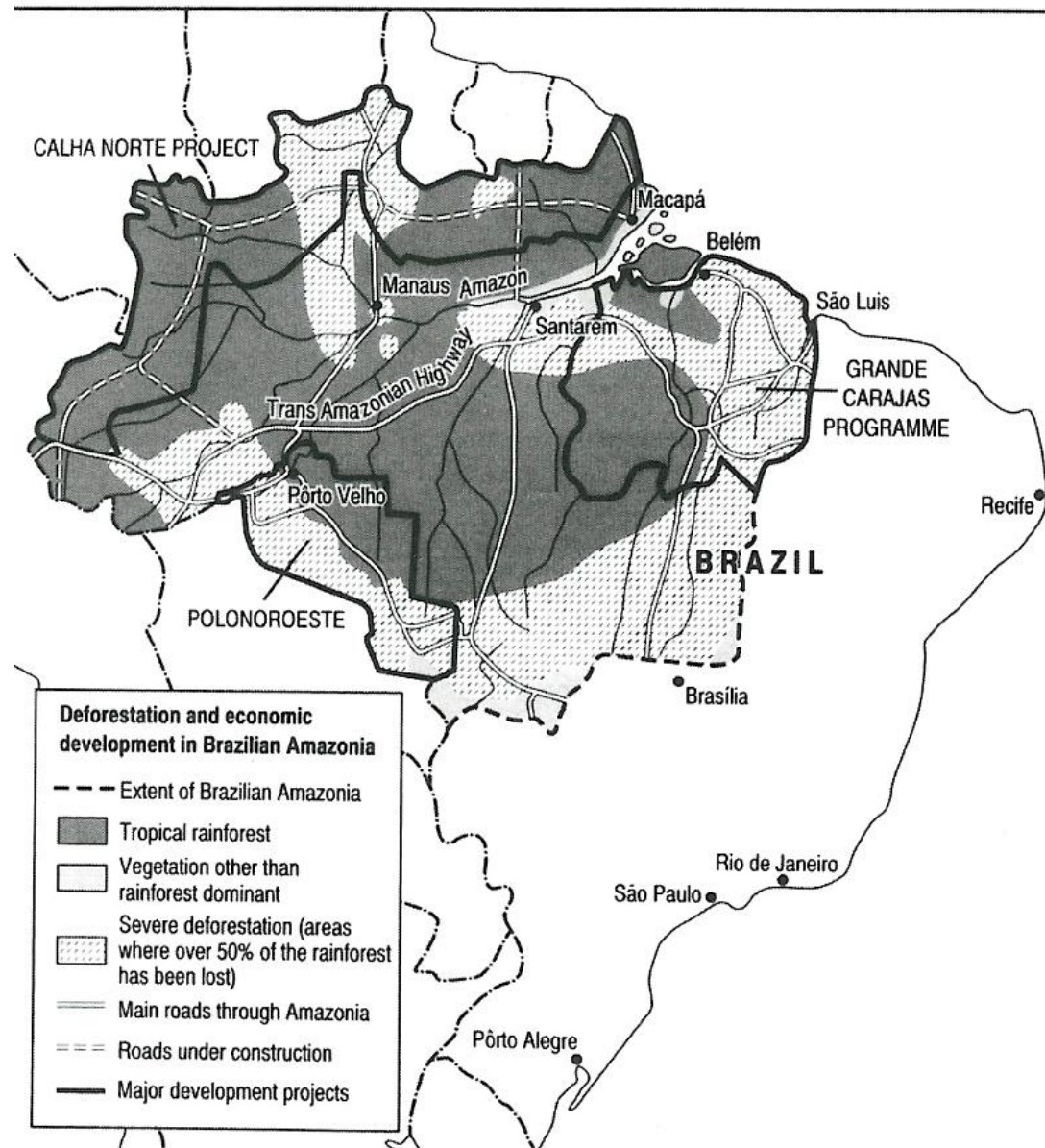
A photograph of a forest fire. Tall, dark green pine trees are visible, with large, bright orange and yellow flames rising from the ground and consuming some of the lower branches. The sky is a pale blue. The text is overlaid in the bottom left corner.

**O FOGO É UM BOM EXEMPLO DE PERTURBAÇÃO
NATURAL E ANTROPOGÊNICA**

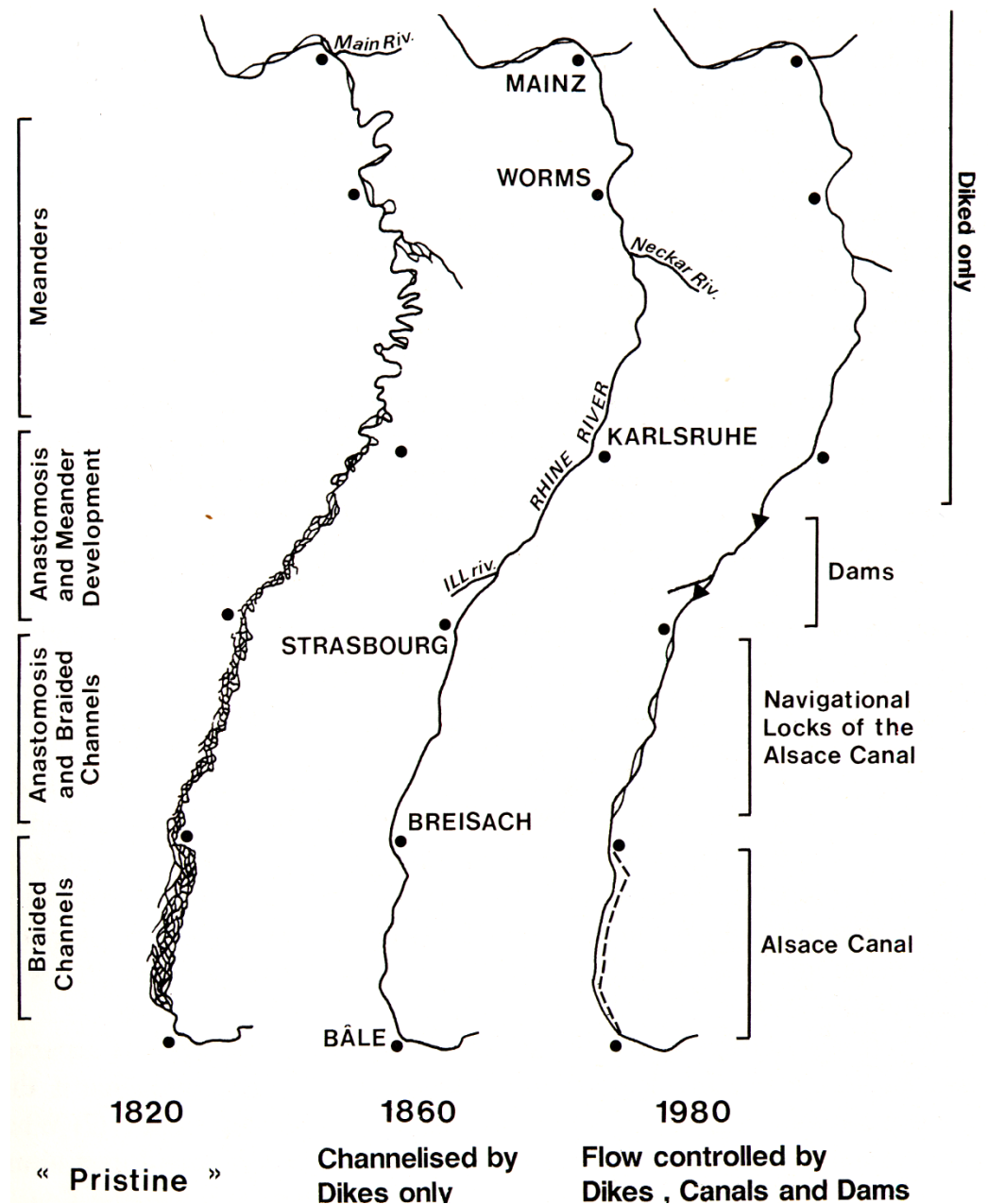
Desflorestação da Europa central entre 900 e 1900 AC



Desflorestação actual da bacia do Amazonas



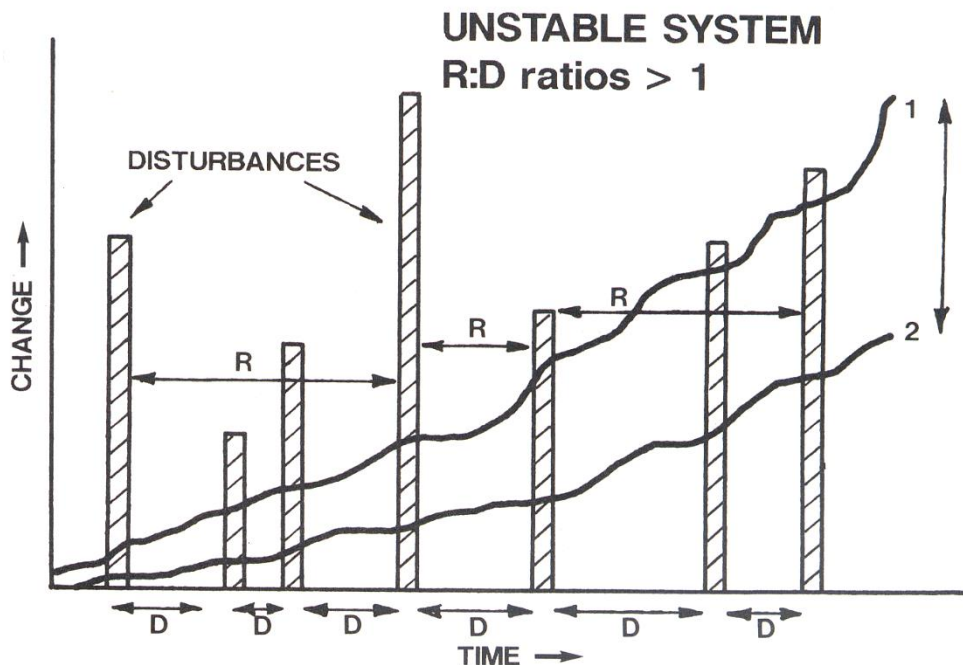
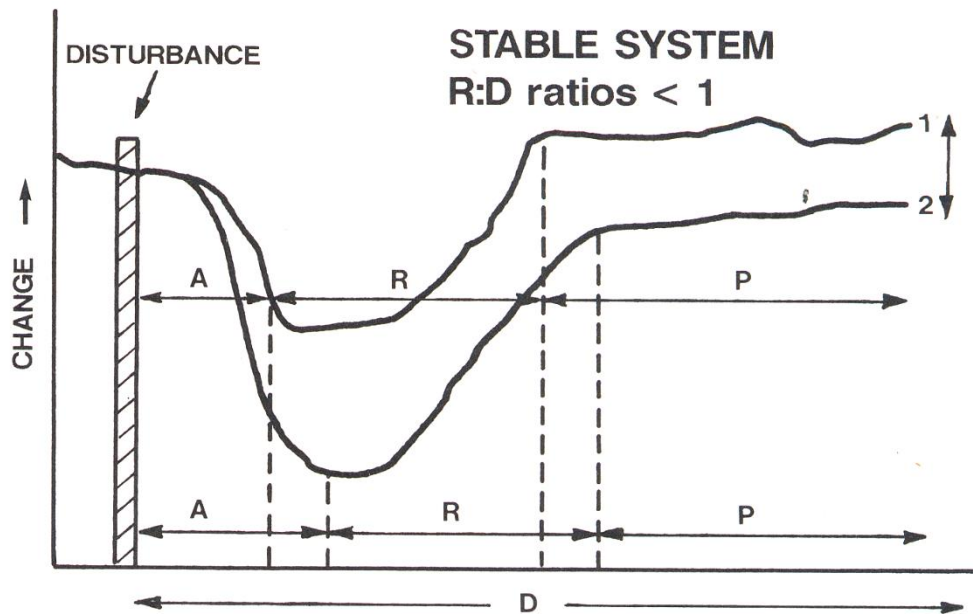
CANALIZAÇÃO E LINEARIZAÇÃO DE SISTEMAS FLUVIAIS



Fonte: Pinay, Decamps,
Chauvet & Fustec, 1990

RIO RENO

REACÇÃO À PERTURBAÇÃO



A- fase de reacção

R- fase de recuperação

P-fase de persistência

D-recorrência da
perturbação (tempo até à
nova perturbação)

razão R:D

recuperação/recorrência
= medida de estabilidade

1 e 2- respostas de
diferentes magnitudes à
perturbação

Propriedades da estabilidade do ecossistema:

- RESISTÊNCIA:** resistência à mudança do estado ou estrutura quando alterado
- RESILIÊNCIA:** regresso rápido ao estado ou estrutura original quando alterado
- PERSISTÊNCIA (o contrário: FRAGILIDADE):** capacidade do ecossistema persistir num dado estado ou estrutura

EX: Bola bilhar na borda da mesa: resistência e resiliências baixas FRÁGIL

Bola bilhar em cima da mesa: resistência média, baixa resiliência

Bola de bilhar no cesto: elevada resistência, nula resiliência PERSISTENTE

Também pode haver robustez e persistência na instabilidade natural desce que ela seja cíclica e predictível

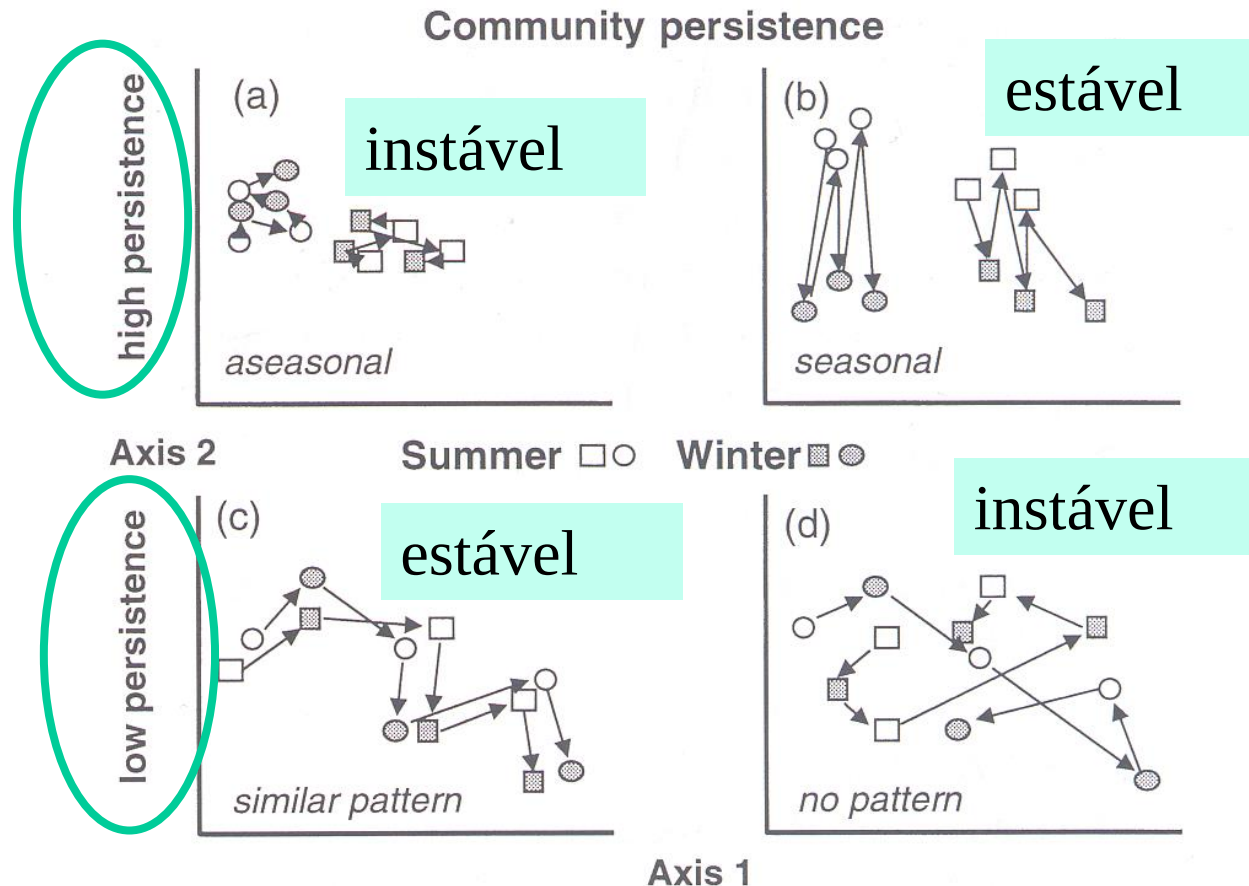
4 hipóteses de
variação de
comunidades de
rios entre o inverno
e o verão

A cinzento- inverno

A branco-verão

quadrados- Rio A

Bolas - Rio B



Bacias de atracção para um dado estado ou condição ecológica: estabilidade

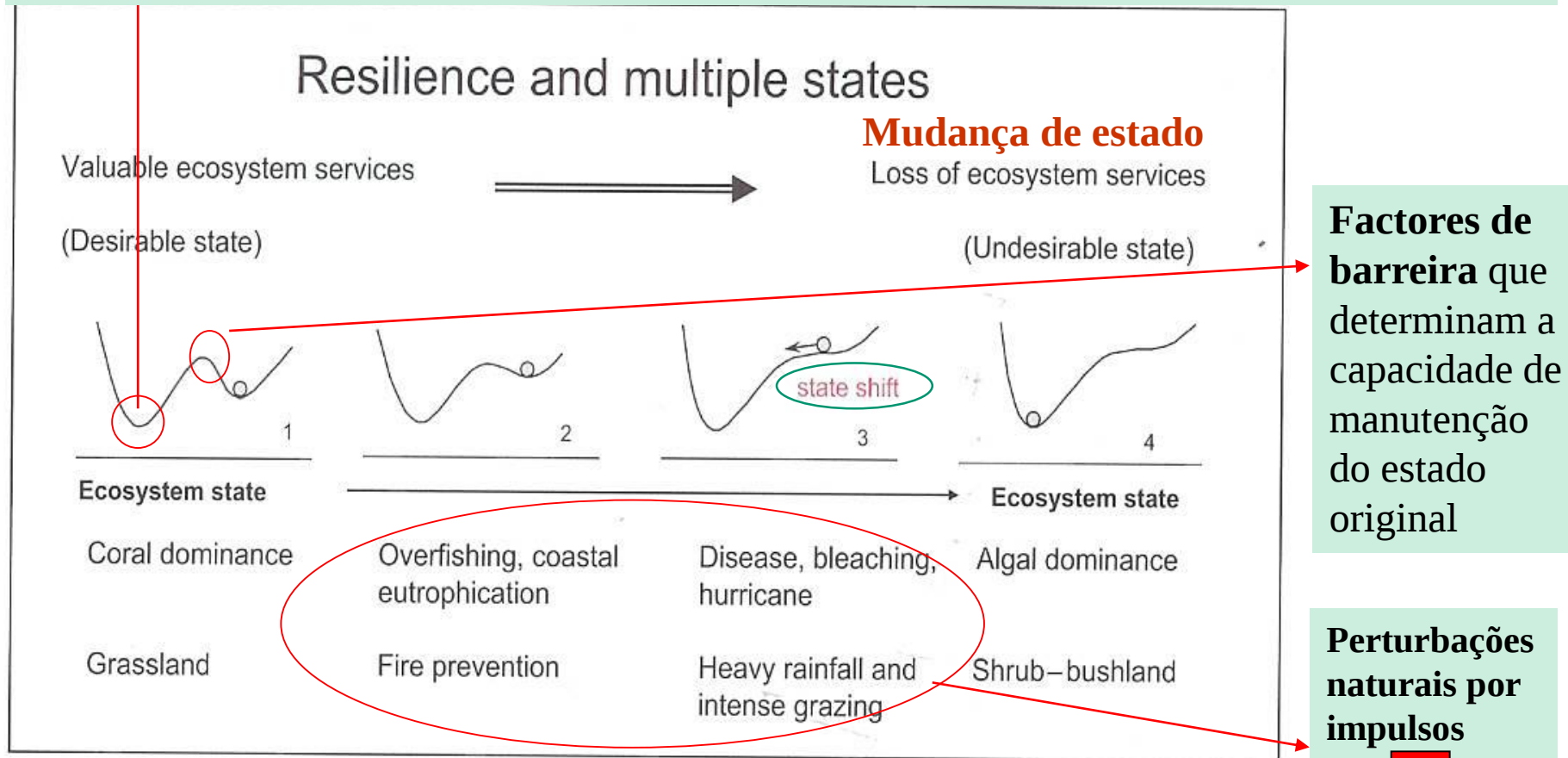


Figure 1. Shifts in coral reef and rangeland ecosystems from a more to a less desirable state as a consequence of human-induced erosion of resilience. The stability landscapes depict the basins of attraction at different conditions. If the size of the attraction basin is small, resilience is small, and even a moderate perturbation may bring the system into the alternative basin of attraction. The actual shifts in coral reefs and grasslands are caused by disturbance events, which resilient ecosystems would have absorbed through reorganization supported by response diversity (modified from Deutsch et al. 2003).