

# SUCESSÃO ECOLÓGICA

Profs. Flávio B. Gandara & Renato Lima



# PLANO DE AULA

- **Definições e conceitos**
- **Histórico**
- **Fatores condicionantes da sucessão**
- **Estratégias das espécies**
- **Dinâmica da vegetação**



# OBJETIVOS DA AULA

## **Dar elementos para responder:**

- O que é sucessão ecológica?
- Porque ela é importante?
- O que determina o resultado da sucessão?
- O que são grupos ecológicos de espécies?
- Como a vegetação madura se mantém no tempo?



## DEFINIÇÕES E CONCEITOS

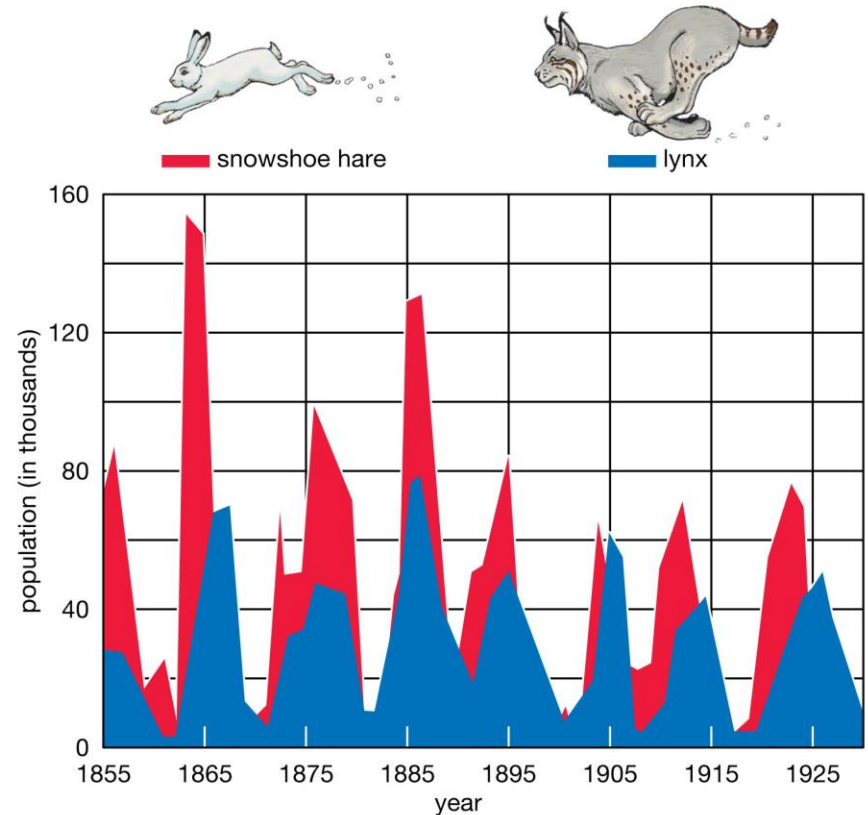
# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Natureza em contínua mudança

- Mudanças cíclicas
  - Sazonalidade climática ou dinâmica de populações



Sazonalidade



Dinâmica de populações

# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Natureza em contínua mudança

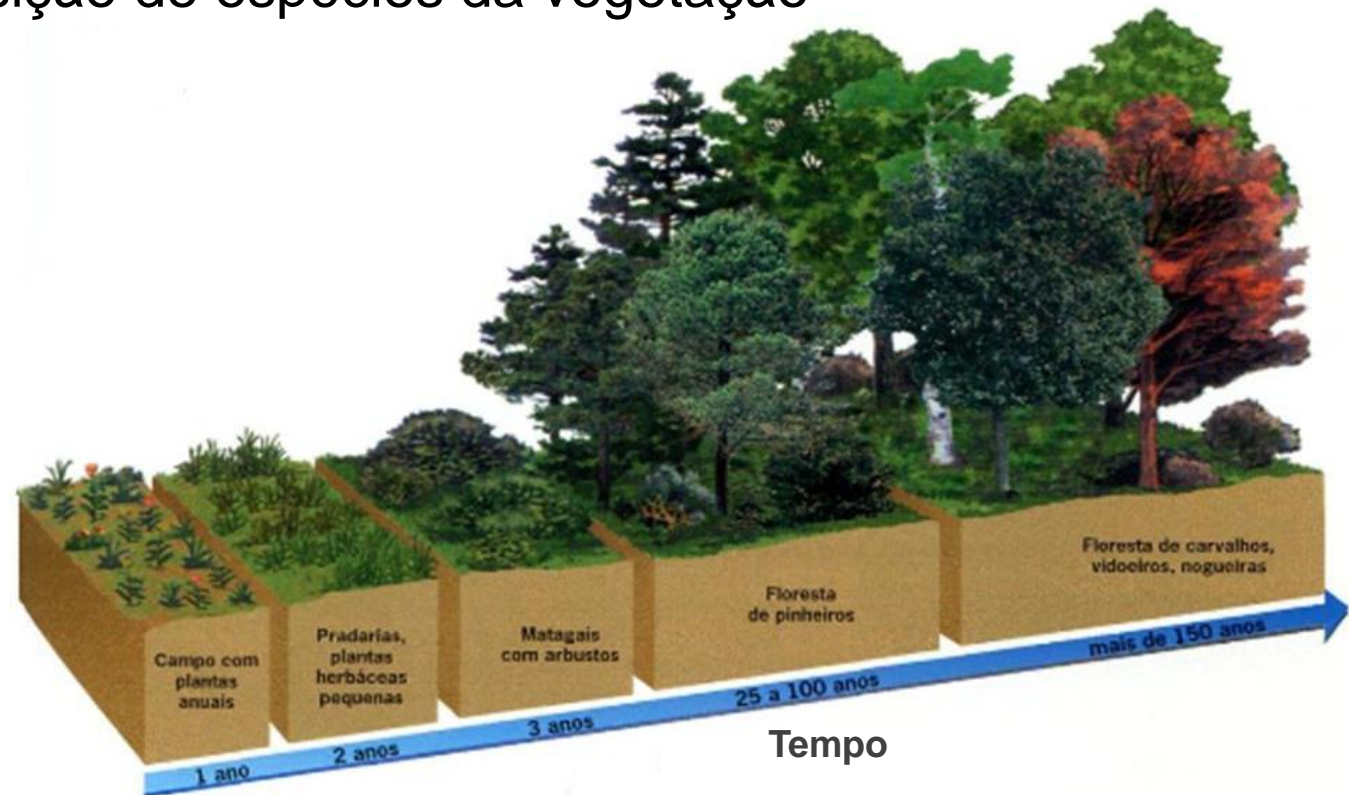
- Mudanças direcionais → sucessão ecológica
  - Mais longas que as estações do ano
  - Criação de novos ambientes ou recuperação da vegetação pré-existente



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## O que é sucessão ecológica?

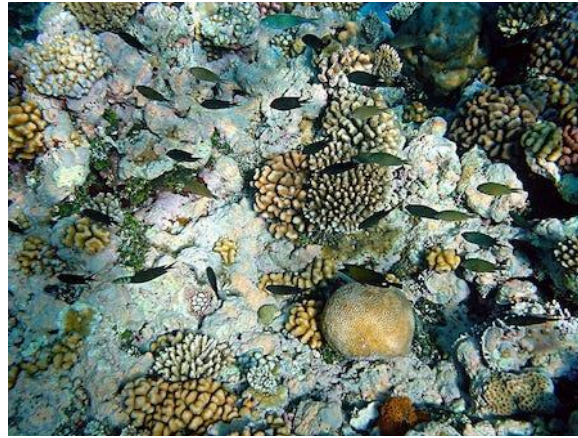
- **Definição**: Processo contínuo de mudanças\* em um local ao longo do tempo
  - \*mudanças: no ambiente físico e na estrutura e composição de espécies da vegetação



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Sucessão ecológica

- Conceito desenvolvido por ecólogos vegetais, mas não se restringe apenas à vegetação



**Recifes de corais**



**Costões rochosos**



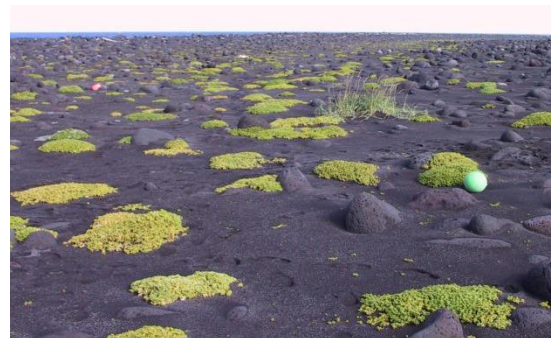
**Carcças de animais**



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Sucessão primária

- Sucessão em locais não ocupados anteriormente
  - Processo mais lento (centenas de anos)
  - Ambiente recém-formados
  - Exemplo: ilhas vulcânicas



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Sucessão primária

- Sucessão em locais não ocupados anteriormente
  - Processo mais lento (centenas de anos)
  - Ambiente recém-formados
  - Exemplo: rochas expostas



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Sucessão primária

- Sucessão em locais não ocupados anteriormente
  - Processo mais lento (centenas de anos)
  - Ambiente recém-formados
  - Exemplo: dunas arenosas



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Sucessão secundária

- Sucessão em locais já ocupados que foram alterados
  - Processo mais rápido (décadas)
  - Exemplo: pasto abandonado após corte-raso

(a) Abandono



(b) 7 anos



(c) 15 anos



(d) 30 anos



(e) 95 anos



(f) >120 anos



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Sucessão secundária

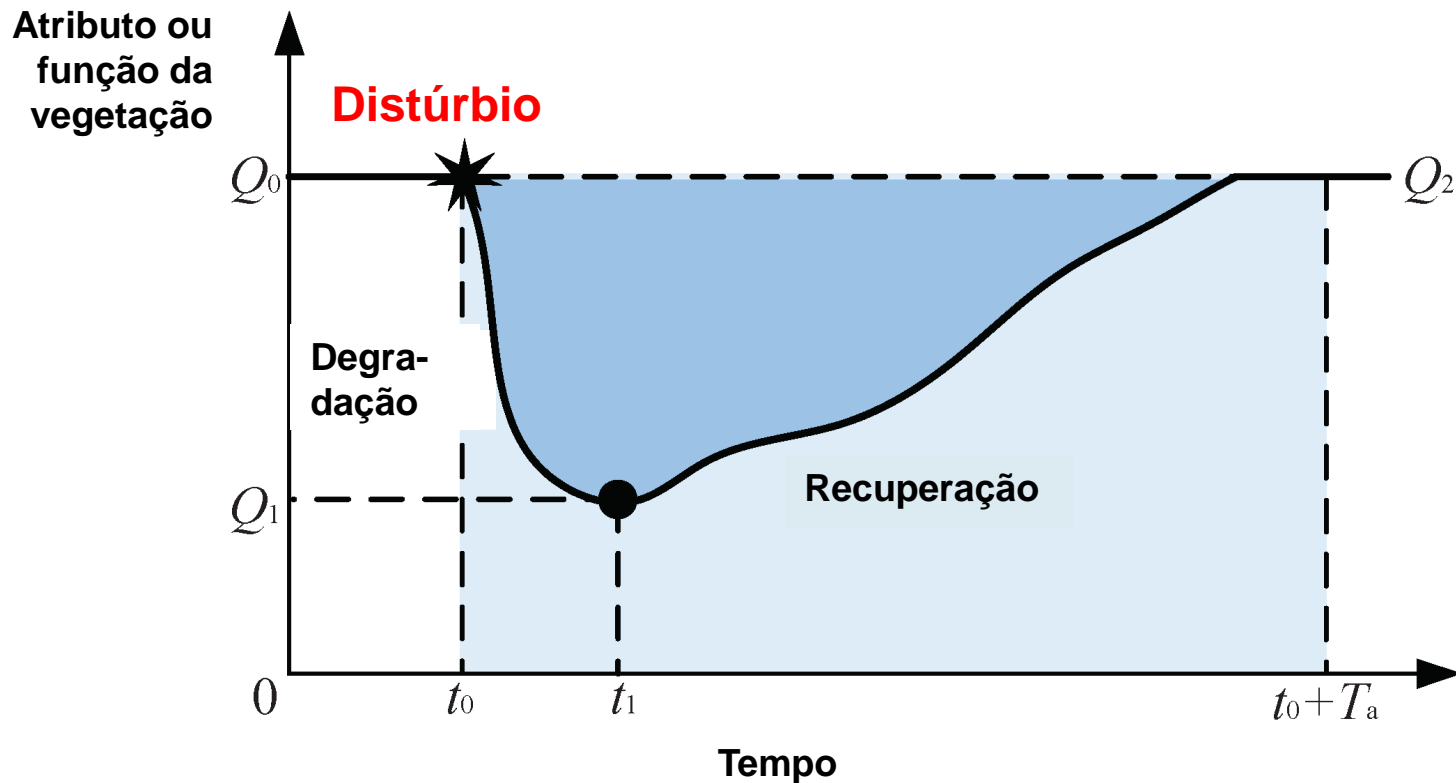
- Sucessão em locais já ocupados que foram alterados
  - Processo mais rápido (décadas)
  - Exemplo: fogo



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Sucessão secundária

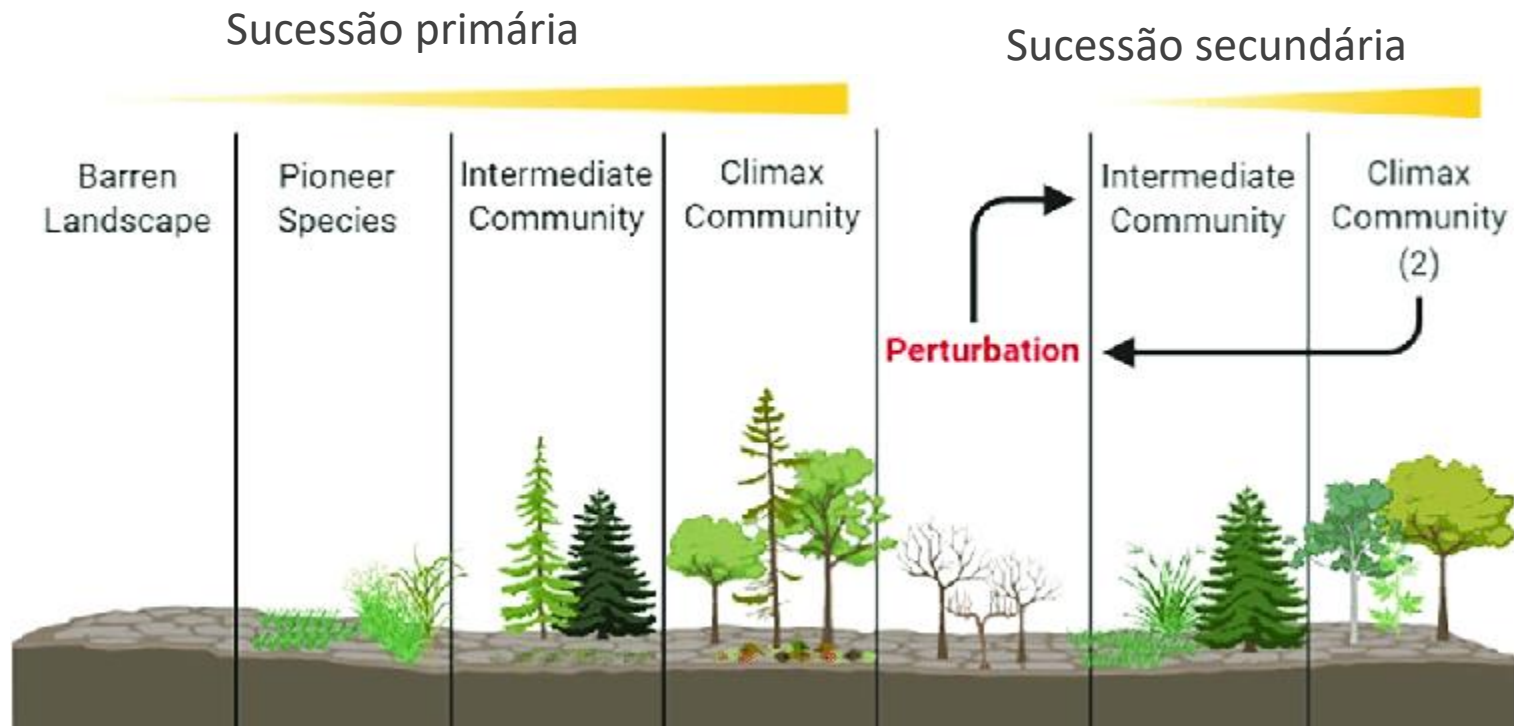
- Se inicia após um distúrbio ou perturbação
  - Distúrbio remove parte da vegetação ou toda ela



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Sucessão primária ou secundária?

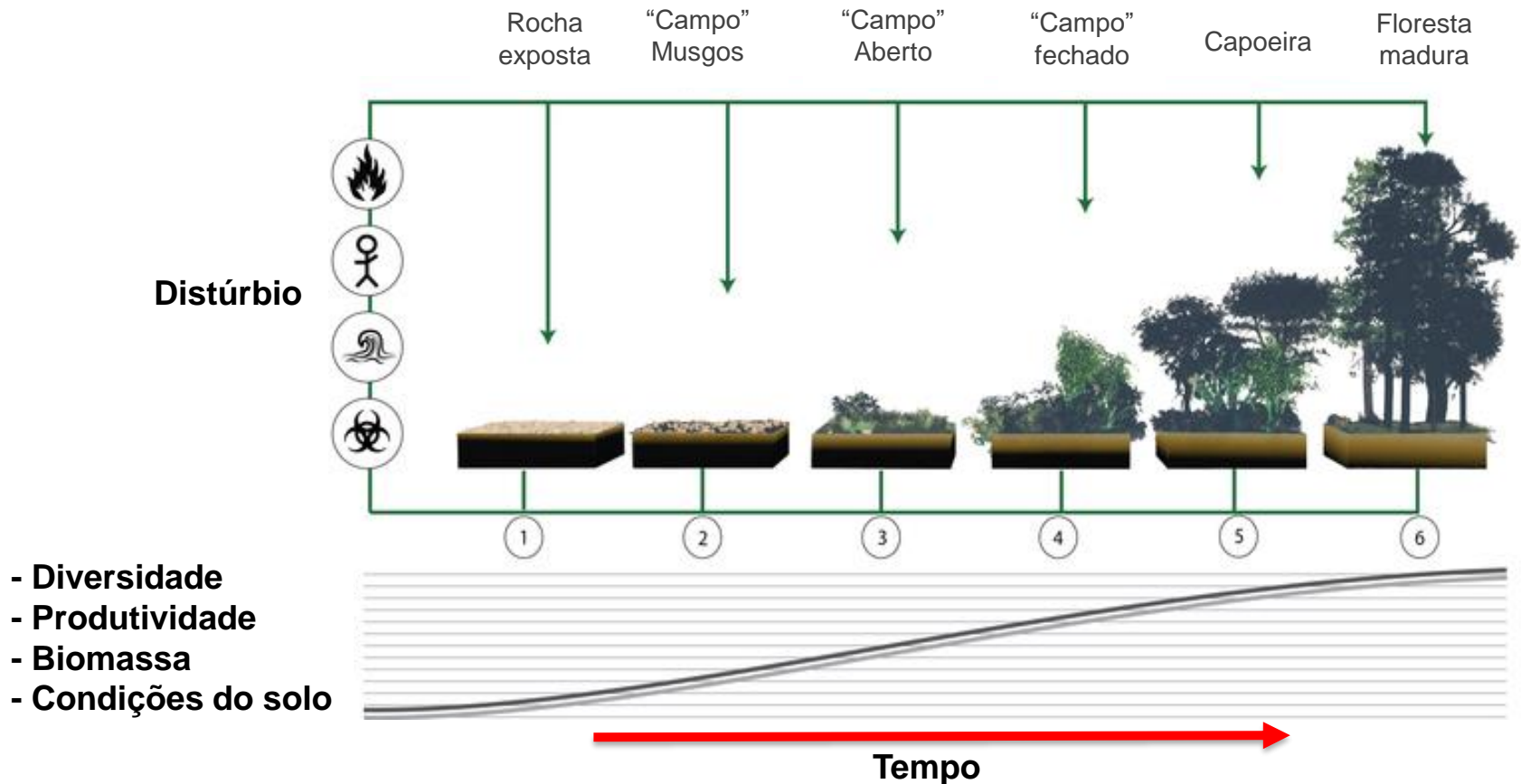
- Sucessão como processo contínuo e dinâmico de mudanças



# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Tendências sucessionais

- **Trajétoria esperada** (dentro da visão tradicional)
  - Aumento da diversidade, complexidade e produtividade





# DEFINIÇÕES E CONCEITOS

## Importância da sucessão ecológica

- **Conservação dos ecossistemas naturais**
  - Controle de invasoras, fogo controlado, etc.
- **Restauração de áreas degradadas**
  - Definição de objetivos, métodos e nível de intervenção
- **Planejamento agrícola**
  - Plantio sombreado, manejo florestal e sistemas de corte/queima/pousio



**Manejo do fogo**



**Restauração ecológica**



**Manejo florestal**

# SUCESSÃO ECOLÓGICA

## HISTÓRICO

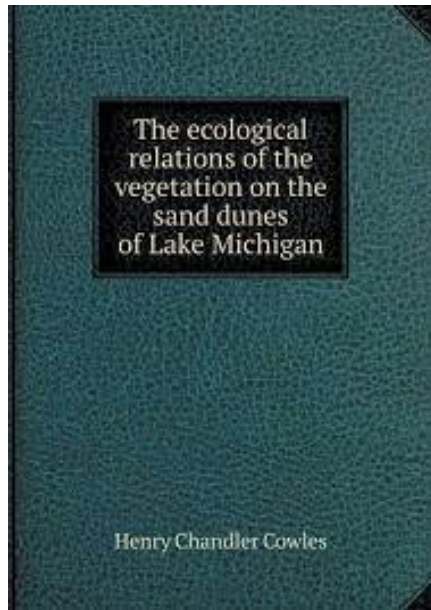
# HISTÓRICO

## Conceito de sucessão

- **H.C. Cowles (1899)**
  - Vegetação em dunas de diferentes idades representam diferentes estágios sucessionais
  - Dunas ao redor do lago Michigan (E.U.A.)



Henry C. Cowles  
(1869-1939)



## Conceito de sucessão

- **Visão tradicional**

- Processo ordenado e com fases previsíveis
- Substituição previsível de espécies
- Convergência para uma vegetação clímax e estável
- Visão determinística, tradicional ou clássica:



Frederick Clements  
(1874-1945)



## Conceito de sucessão

- **Críticas à visão tradicional**

- H. A. Gleason

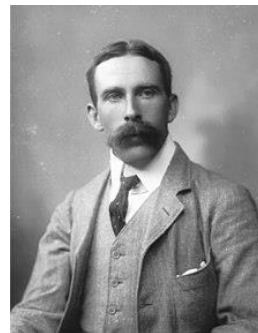
- Mais peso a fatores aleatórios (ex.: dispersão)
- Sucessão menos previsível
- Comunidade: conjunto de espécies independentes



Henry Gleason  
(1882 – 1975)

- A. G. Tansley

- Não há um clímax único: comunidade clímax varia de acordo com o clima, solo e topografia
- Sucessão também pode ser regressiva



Arthur Tansley  
(1871 – 1955)

# HISTÓRICO

## Conceito de sucessão

- Evidências de campo

- Relação plantas e condições ambientais

- Não há duas vegetações iguais:

- Cada espécie tem requisitos diferentes (luz, T<sup>o</sup>C, água)

- Plantas se distribuem individualmente nos gradientes

- Não há subdivisões claramente definidas

Robert H. Whittaker  
(1920-1980)



John T. Curtis  
(1913-1961)



### gradiente de umidade

January, 1956

VEGETATION OF THE GREAT SMOKY MOUNTAINS

9

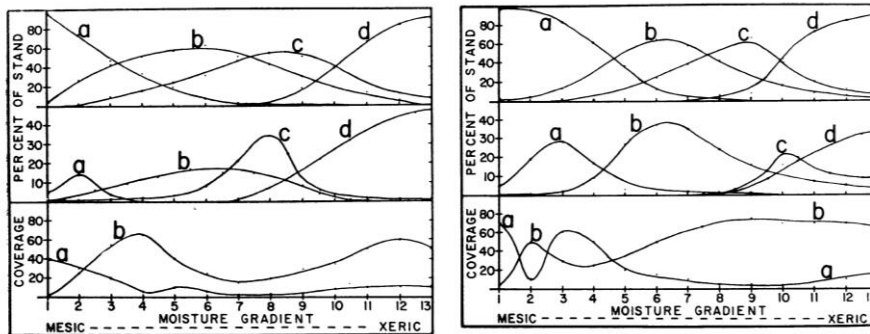


FIG. 2. Transect of the moisture gradient, 1500-2500 ft. Top—curves for tree classes: a, mesic; b, submesic; c, subxeric; d, xeric. Middle—curves for tree species: a, *Betula allegheniensis*; b, *Cornus florida*; c, *Quercus prinus*; d, *Pinus virginiana*. Bottom—curves for undergrowth coverages: a, herbs; b, shrubs.

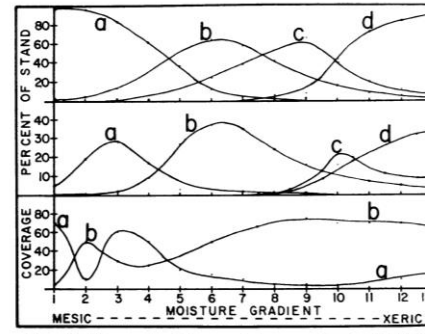


FIG. 3. Transect of the moisture gradient, 2500-3500 ft. Top—curves for tree classes: a, mesic; b, submesic; c, subxeric; d, xeric. Middle—curves for tree species: a, *Halesia monticola*; b, *Acer rubrum*; c, *Quercus coccinea*; d, *Pinus rigida*. Bottom—curves for undergrowth coverages: a, herbs; b, shrubs.

### gradiente de altitude

GREAT SMOKY MOUNTAINS

15

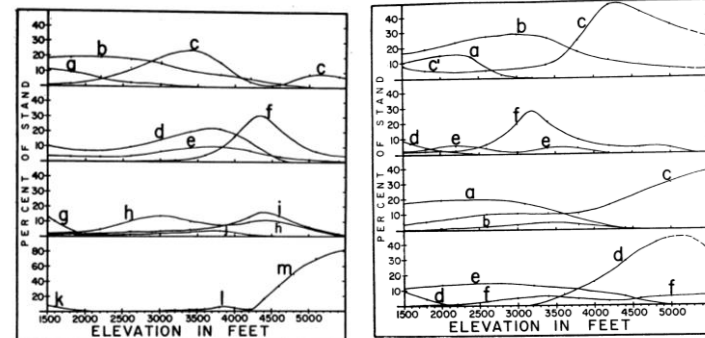


FIG. 8. Elevation transect in mesic sites, smoothed curves for tree species: a, *Liriodendron tulipifera*; b, *Tsuga canadensis*; c, *Halesia monticola*; d, *Tilia heterophylla*; e, *Acer saccharum*; f, *Acer spicatum*; g, *Carpinus caroliniana*; h, *Betula allegheniensis*; i, *Aesculus octandra*; j, *Fraxinus americana*; k, white; l, red; and m, gray populations of *Fagus grandifolia* (based on data for 200-foot intervals).

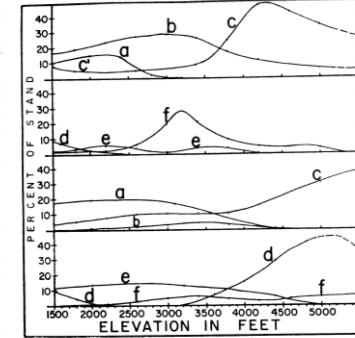


FIG. 9. Elevation transects in submesic and subxeric sites, smoothed curves for tree species. Above—submesic sites: a, *Cornus florida*; b, *Acer rubrum*; c and c', *Quercus borealis* and var. *maxima*; d, *Carya tomentosa*; e, *Carya glabra*; f, *Hamamelis virginiana*. Below—subxeric sites: a, *Quercus prinus*; b, *Sassafras albidum*; c, *Castanea dentata*; d, *Quercus alba*; e, *Oxydendrum arboreum*; f, *Robinia pseudoacacia*.

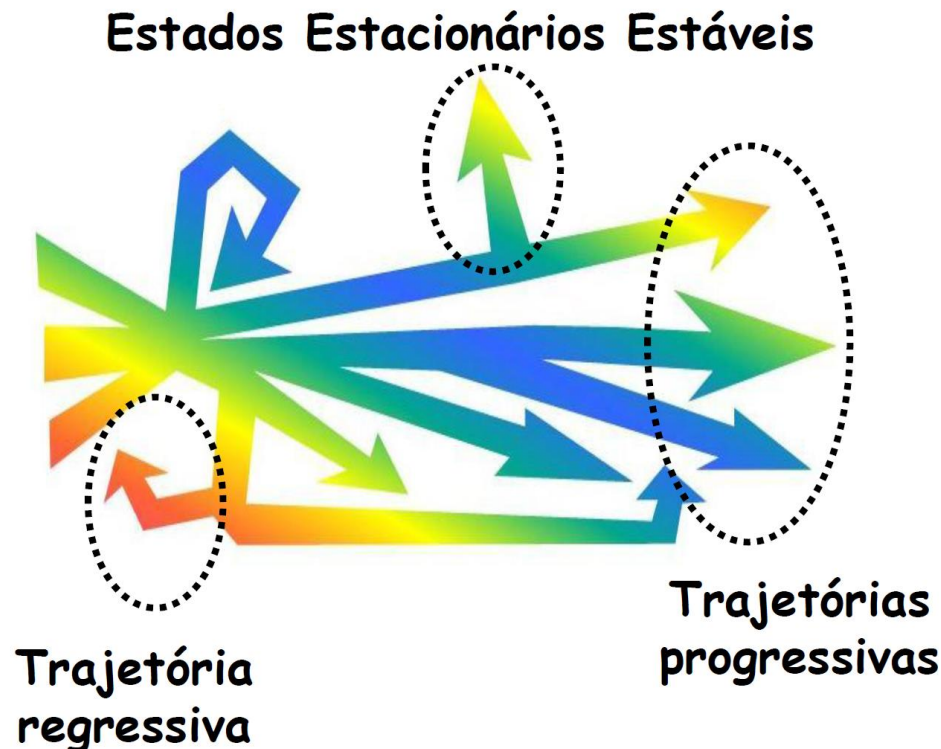
## Conceito de sucessão

- **Mudança de paradigma! Visão contemporânea:**
  - Sucessão depende da combinação dos fatores
  - Processo aleatório: distúrbios, dispersão, histórico, etc.



## Conceito de sucessão

- **Mudança de paradigma! Visão contemporânea:**
  - Várias trajetórias sucessionais possíveis
  - Várias vegetações finais possíveis





## Conceito de sucessão

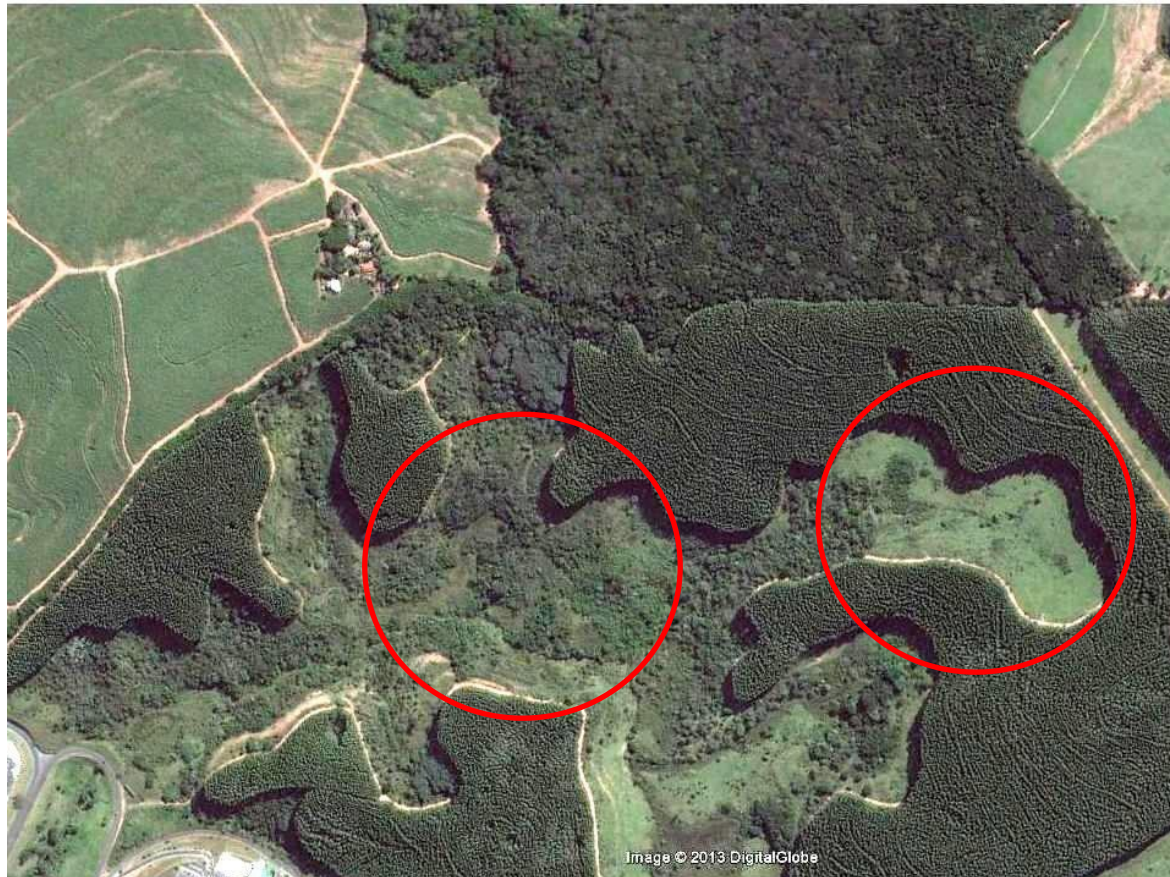
- **Mudança de paradigma! Visão contemporânea:**
  - Sucessão não é uma fatalidade



2002

## Conceito de sucessão

- **Mudança de paradigma! Visão contemporânea:**
  - Sucessão não é uma fatalidade



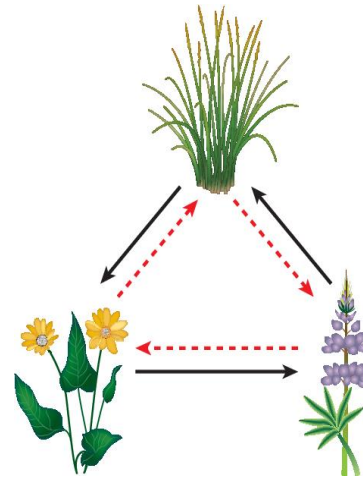
2012 (10 anos  
depois)

## **FATORES CONDICIONANTES DA SUCESSÃO**

# FATORES CONDICIONANTES

## Fatores condicionantes da sucessão

- Distúrbios e suas características
- Vegetação e/ou ambiente pré-existente
- Interações entre espécies presentes
- Eventos aleatórios: dispersão, efeito-de-fundador, invasões biológicas



# FATORES CONDICIONANTES

## Distúrbios

- **Distúrbio: “eventos relativamente discretos que causam mudanças na estrutura física\* do ambiente”**
  - \*estrutura física = vegetação + solo superficial
  - Parte integrante de comunidades naturais
  - Alteram a estrutura, composição e funcionamento da comunidade, além da disponibilidade de recursos



# FATORES CONDICIONANTES

## Distúrbios

- **Distúrbio:** mais genérico; inclui perturbação e catástrofe
  - Perturbação: flutuações normais da condição do sistema
  - Catástrofe: eventos destrutivos não habituais
- **Influência na comunidade depende:**
  - Características do distúrbio (regime de distúrbio)
  - Características da própria comunidade



## Regime de distúrbio

- **Características**

- Tipos de agentes (ou fontes):
  - Naturais ou antrópicos
  - Físicos ou bióticos
  - Endógenos ou exógenos
- Tamanho (ou área): pequeno a grande
- Magnitude
- Frequência: rara a comum
- Previsibilidade: baixa a alta
- Entre outras características (não apresentadas aqui):
  - Distribuição espacial: restrita a ampla
  - Sinergia: baixa a alta

# FATORES CONDICIONANTES

## Tipos de agentes de distúrbio

- **Distúrbios naturais**

- Chuvas, tempestades, fogo, raios, ciclones/furacões, deslizamentos de terra, terremotos, geadas, enchentes e animais

Inundações



Herbivoria em massa

Chuvas excepcionais



Neves e geadas excepcionais (1918, 28 e 75 em SP)



# FATORES CONDICIONANTES

## Tipos de agentes de distúrbio

- **Distúrbios antrópicos**

- Corte seletivo, corte raso, gado, fogo, poluição, etc.



# FATORES CONDICIONANTES

## Tipos de agentes de distúrbio

- Distúrbios físicos e bióticos
  - Ação de agentes físicos ou de animais



Físico

Biótico

# FATORES CONDICIONANTES

## Regime de distúrbio

- **Tamanho ou área (extensão espacial)**
  - Remoção de parte de um indivíduo até vários indivíduos
  - Modificações microclimáticas dependem do tamanho

Queda de  
uma árvore



**Distúrbio pequeno**



Queda de  
dezenas de  
árvores

**Distúrbio grande**

# FATORES CONDICIONANTES

## Regime de distúrbio

- **Magnitude**

- Intensidade (força física) e severidade (impacto)
- Principal determinante da resposta da comunidade
  - distúrbio leve: afeta o desempenho dos indivíduos
  - distúrbio severo: influencia as taxas vitais das populações da comunidade toda



**Menor magnitude**



**Maior magnitude**

# FATORES CONDICIONANTES

## Regime de distúrbio

- **Magnitude**

- Relação entre tamanho e magnitude pode existir, mas não é obrigatória

Vento em  
10ha



**Menor magnitude**



**Maior magnitude**

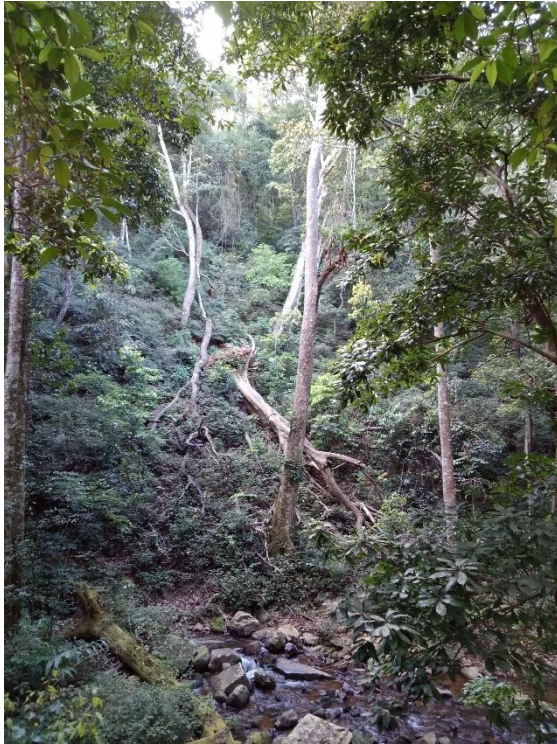
Fogo em  
10ha

# FATORES CONDICIONANTES

## Regime de distúrbio

- **Frequência**
  - Chuva e ventos são frequentes
  - Deslizes, terremotos, etc. são menos frequentes

Queda de  
árvores na  
floresta



**Alta frequência (comum)**

Deslize de  
encosta



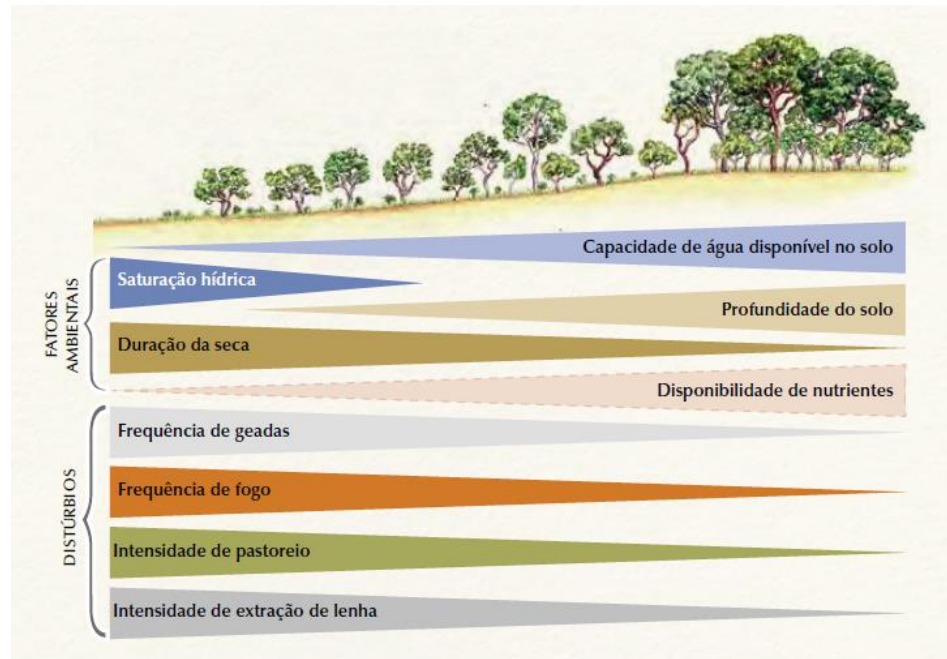
**Baixa frequência (raro)** White e Pickett (1985)

# FATORES CONDICIONANTES

## Regime de distúrbio

- **Fogo no Cerrado**

- Fogo com frequência e época corretas (fim da estação seca, início da chuvosa) é benéfico
  - Estímulo da floração, deiscência de frutos, germinação, ...
  - Mantém a diversidade de espécies não arbóreas



# FATORES CONDICIONANTES

## Regime de distúrbio

- **Fogo no Cerrado**

- Fogo antrópico: maior intensidade, frequência e em qualquer época do ano pode gerar perdas de biodiversidade





# FATORES CONDICIONANTES

## Regime de distúrbio

- Previsibilidade

- Estação do ano pode influencia a previsibilidade dos distúrbios

Queda de  
árvores na  
floresta



**Estação chuvosa**

Fogo no Cerrado



**Estação seca**

**Outros fatores importantes...**

# FATORES CONDICIONANTES

## Comunidade pré-existente

- **Mesmo distúrbio, mas comunidades diferentes**
  - Ocorrência ou não de espécies adaptadas a uma determinada condição ambiental ou histórico de distúrbios
  - Exemplo: fogo em floresta úmida X fogo em savana



Floresta



Savana

# FATORES CONDICIONANTES

## Comunidade pré-existente

- Mesmo distúrbio, mas comunidades diferentes
  - Clareira em floresta fechada X de dossel mais aberto

Cerradão



Restinga



Mata Seca



Floresta de dossel fechado



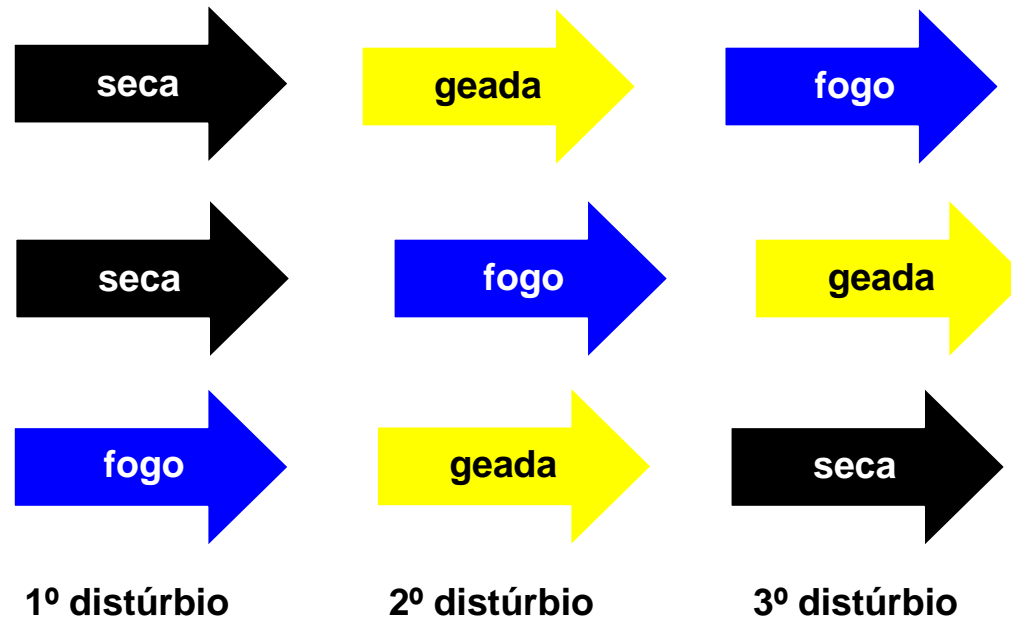
Floresta de dossel aberto

Floresta  
Ombrófila  
Densa

# FATORES CONDICIONANTES

## Condições ambientais locais

- **Capacidade de recuperação frente a um distúrbio**
  - Fertilidade dos solos, umidade, clima
  - Histórico de distúrbios (ou de uso da terra): a sequencia temporal de distúrbios importa!



# FATORES CONDICIONANTES

## Contexto (paisagem ao redor)

- **Mesmo tipo de distúrbio, mas contextos diferentes**
  - Resiliência da paisagem: algumas paisagens favorecem a sucessão na área perturbada
    - chance de chegada de propágulos
    - mudanças ambientais (ex.: microclima)
    - exposição a novos distúrbios (ex.: facilidade de acesso)



**Baixa resiliência**



**Alta resiliência**

## Eventos aleatórios

- **Timing ecológico e dispersão**
  - qual é a disponibilidade de propágulos e espécies no momento do distúrbio?
  - Efeito-de-prioridade: espécie que chega primeiro tem prioridade de colonização e tem um efeito:
    - inibitório: diminui a chance da chegada de outras spp
    - facilitador: aumenta a chance da chegada de outras spp

# FATORES CONDICIONANTES

## Eventos aleatórios

- Invasões biológicas
  - Espécies altamente competitivas (efeito inibitório)



**Gramíneas exóticas (braquiária)**



**Arbóreas exóticas (Leucena)**



# FATORES CONDICIONANTES

## Eventos aleatórios

- **Invasões biológicas**
  - Presença de espécies que causam distúrbios recorrentes (regressão ou estagnação sucessional)



**Javalis**



**Gado**

# FATORES CONDICIONANTES

## Interações ecológicas

- Facilitação: o processo pelo qual uma espécie aumenta a probabilidade de uma segunda se estabelecer
- Inibição: a inibição de uma devido a presença da outra.  
Ex.: alelopatia
- Tolerância: A espécie não é influenciada por interações diretas, mas devem ter capacidade de tolerar as condições físicas da comunidade (e.g. sombreamento)



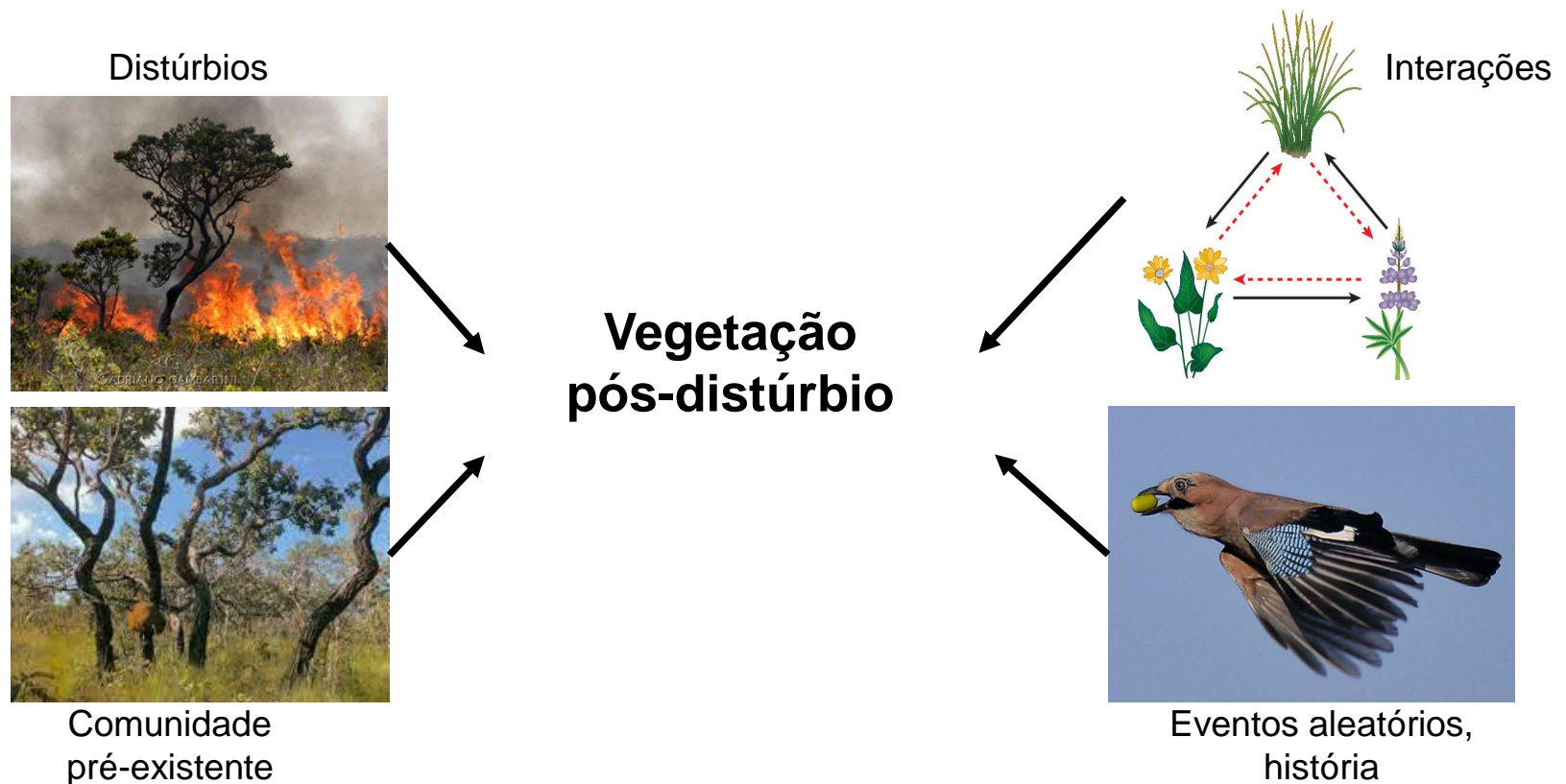
# SUCESSÃO ECOLÓGICA

**Qual é o resultado final da sucessão?**

# FATORES CONDICIONANTES

## Resultado da sucessão

- **Depende! Combinação dos fatores**
  - Distúrbios, vegetação pré-existente, interações e eventos aleatórios



# FATORES CONDICIONANTES

## Resultado da sucessão

- **Velocidade e direção nem sempre são previsíveis**
  - Exemplo: duas áreas próximas (Santos – SP), mesmo contexto, abandonadas no mesmo período

Sucessão progressiva



Sucessão estagnada



2009

2021

# FATORES CONDICIONANTES

## Resultado da sucessão

- **Sucessão estagnada ('arrested succession')**
  - Distúrbios intensos ou crônicos
  - Espécie fundadora altamente competitiva



**Distúrbio intenso**

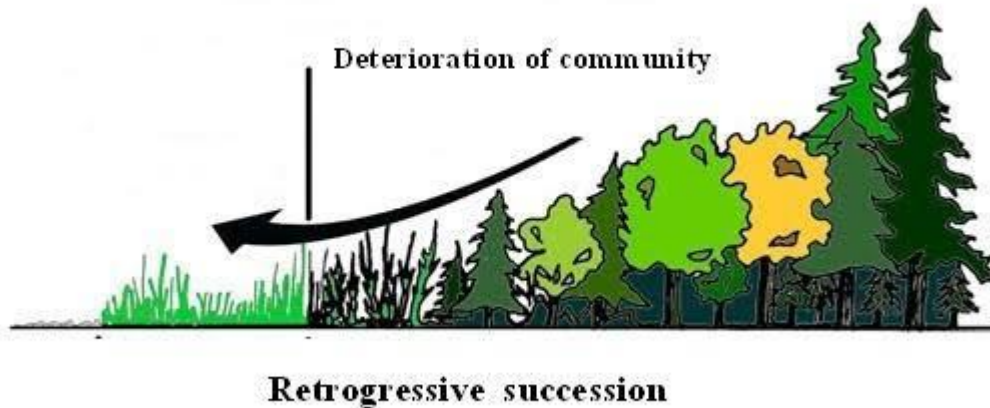


**Samambaia-de-barranco (*Gleichenia*)**

# FATORES CONDICIONANTES

## Resultado da sucessão

- Sucessão regressiva ('retrogressive succession')
  - Degradação da comunidade com o tempo
  - Comunidades mais simples e menos diversas

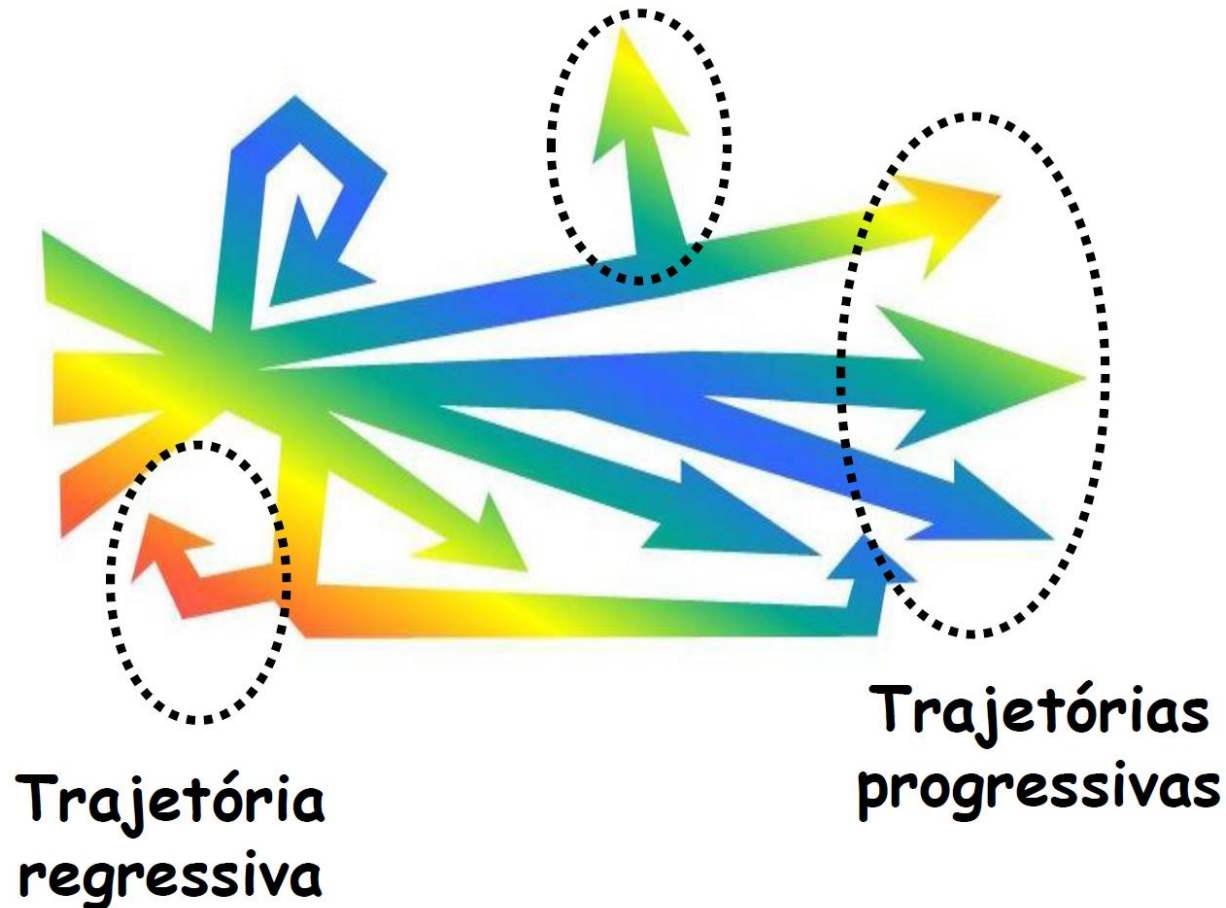


# FATORES CONDICIONANTES

## Resultado da sucessão

- Visão contemporânea

Estados Estacionários Estáveis





## **ESTRATÉGIAS ECOLÓGICAS DAS ESPÉCIES**

# ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

## História de vida

- **Aspectos biológicos da vida das espécies**
  - Tamanho, ciclo de vida, comportamento e suas relações com o ambiente
  - Teoria: aspectos selecionados para maximizar o sucesso reprodutivo

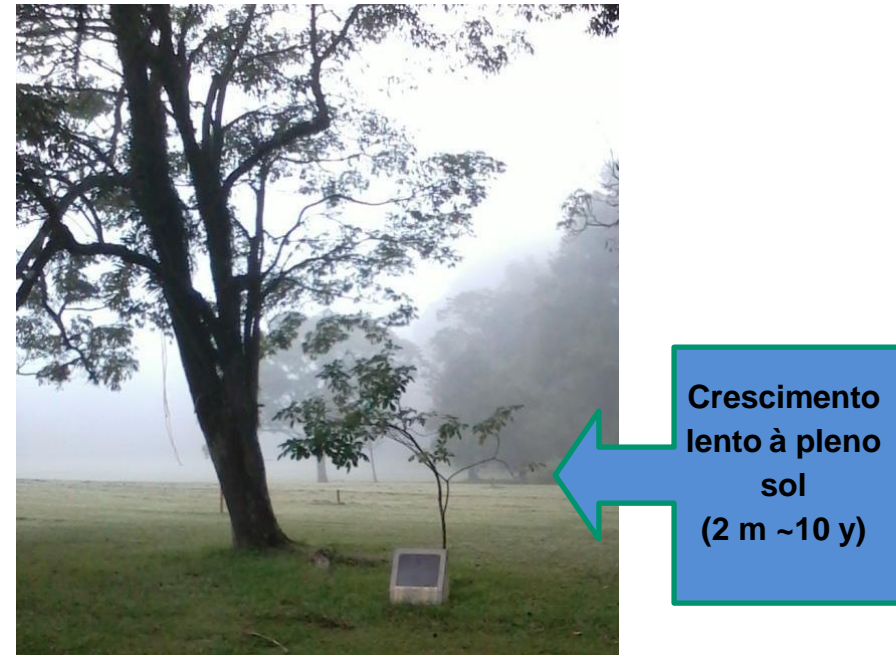


Mesmo ambiente, mas com histórias de vida distintas

# ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

## Respostas das espécies vegetais

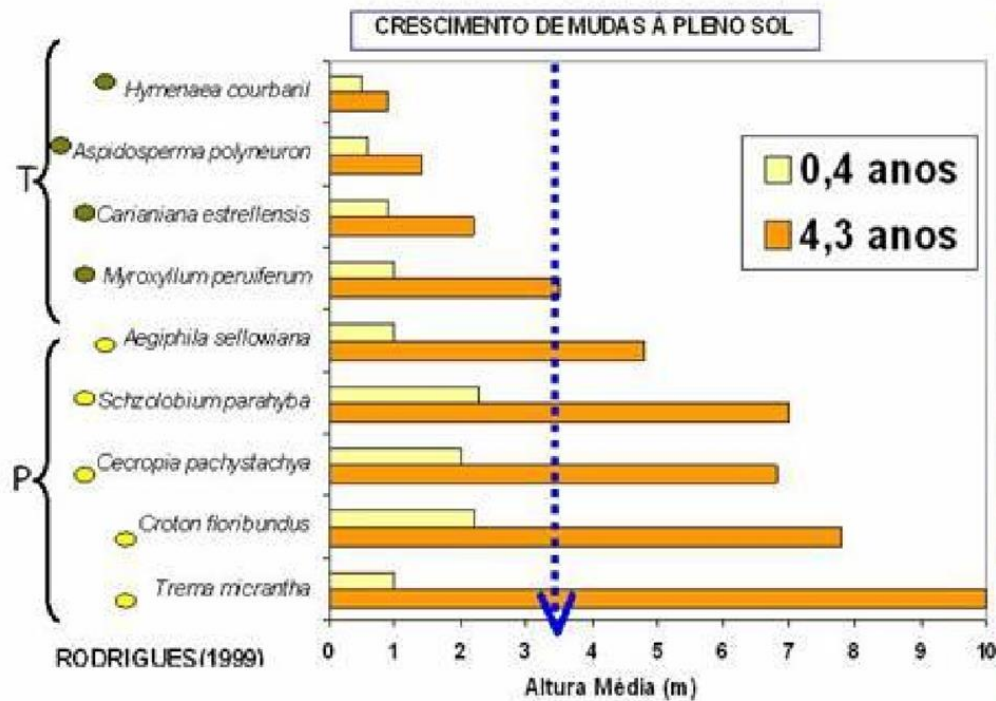
- Diferem ao longo do gradiente sucessional
  - Radiação/luz, umidade, nutrientes, danos físicos, etc. mudam ao longo da sucessão
  - Respostas: germinação, crescimento e reprodução



# ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

## Respostas das espécies vegetais

- Espécies tem performances diferentes
  - Crescimento de árvores em plantio de mudas

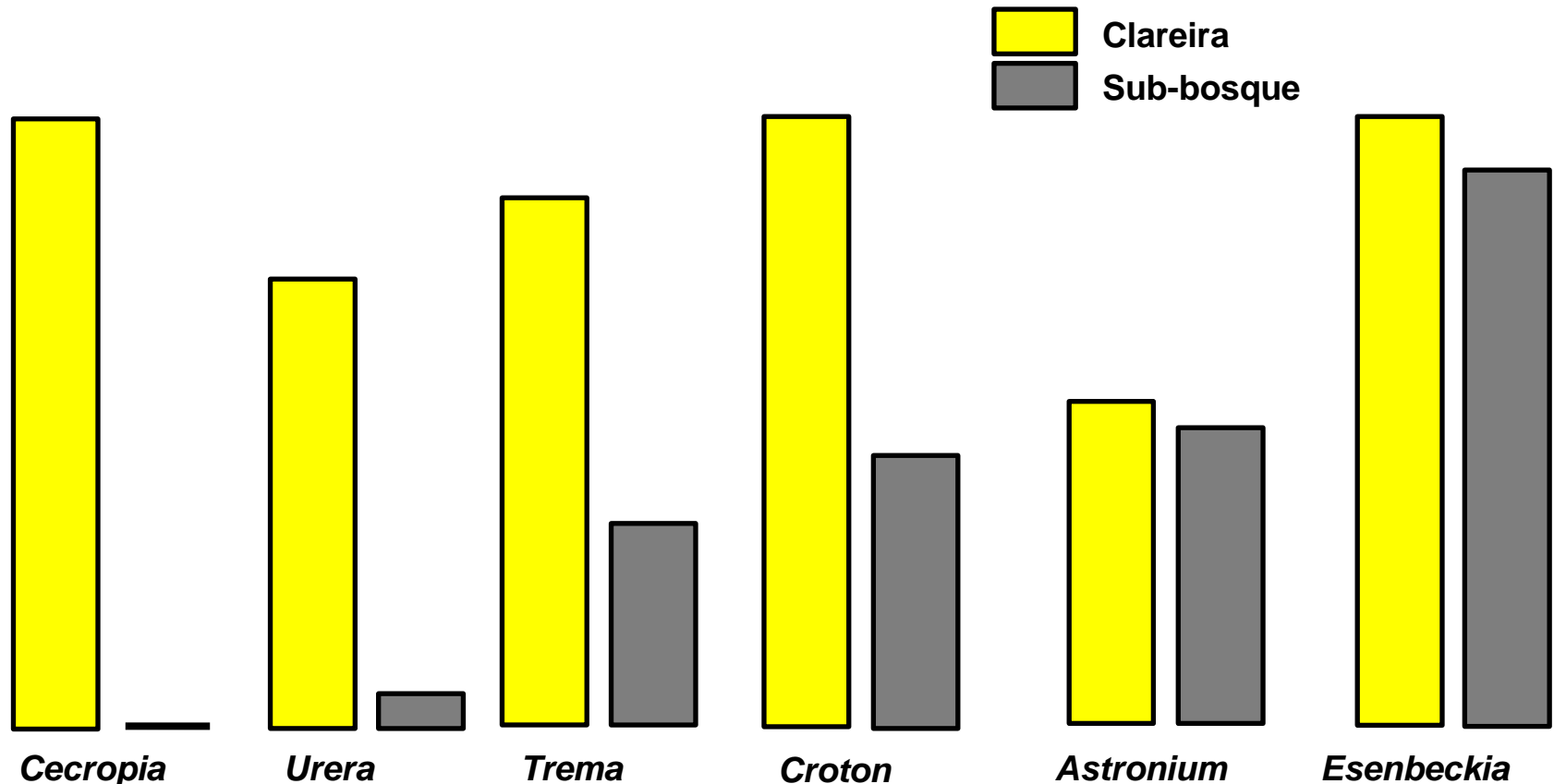


# ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

## Respostas das espécies vegetais

- Espécies tem performances diferentes

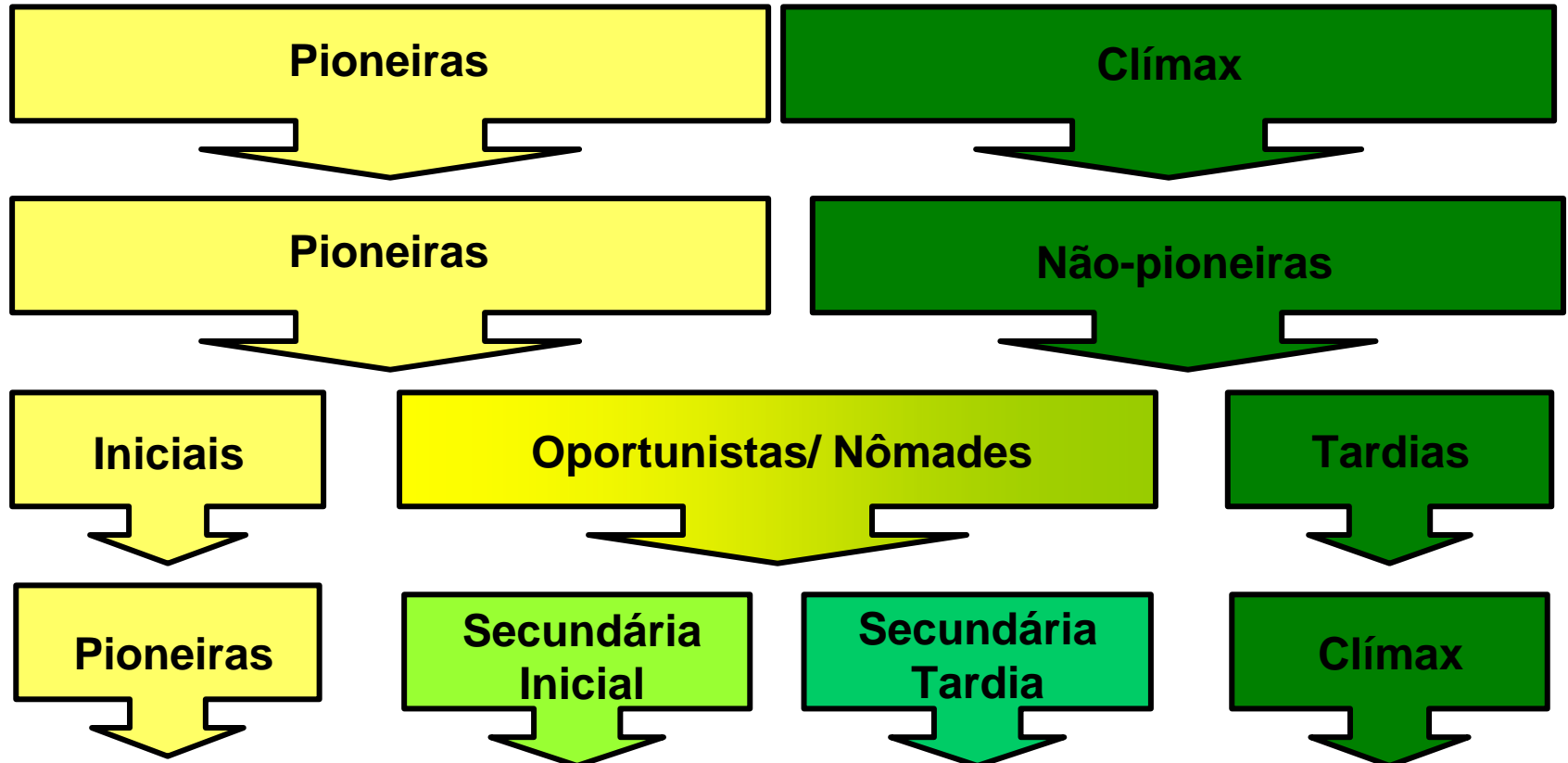
- % de sobrevivência após 30 dias em duas condições



# ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

## Grupos ecológicos ou sucessionais

- Tentado colocar espécies em “caixas”
  - Várias propostas para encaixotar espécies vegetais



# ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

## Grupos ecológicos ou sucessionais

- Árvores na floresta

- Luz é o principal fator limitante

	Pioneiras	Secundárias	Tardias
Germinação	Pleno sol	Sol/Sombra	Sombra
Dormência	Comum	Frequente	Raro
Longevidade	Curta	Média	Longa
Crescimento	Rápido	Moderado	Lento
Sementes	Pequenas	Pequenas/ Médias	Médias/ Grandes



# ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

## Grupos ecológicos ou sucessionais

- Árvores na floresta

- Luz é o principal fator limitante

	Pioneiras	Secundárias	Tardias
Germinação	Pleno sol	Sol/Sombra	Sombra
Dormência	Comum	Frequente	Raro
Longevidade	Curta	Média	Longa
Crescimento	Rápido	Moderado	Lento
Sementes	Pequenas	Pequenas/ Médias	Médias/ Grandes



*Cecropia*



*Inga*



*Eugenia*

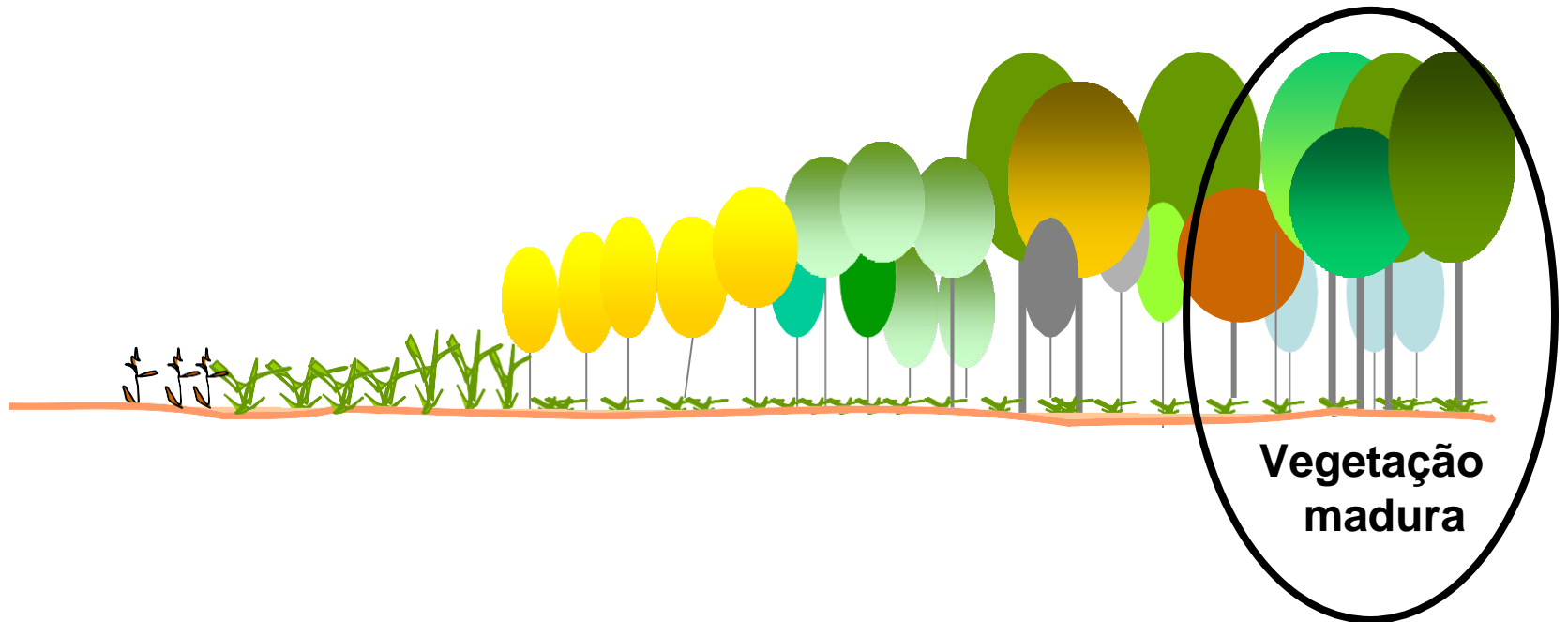


## **DINÂMICA NO FINAL DA SUCESSÃO**

# DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

## Manutenção da vegetação

- **Como a vegetação madura se mantém no tempo?**
  - O que acontece na ausência de grandes distúrbios?



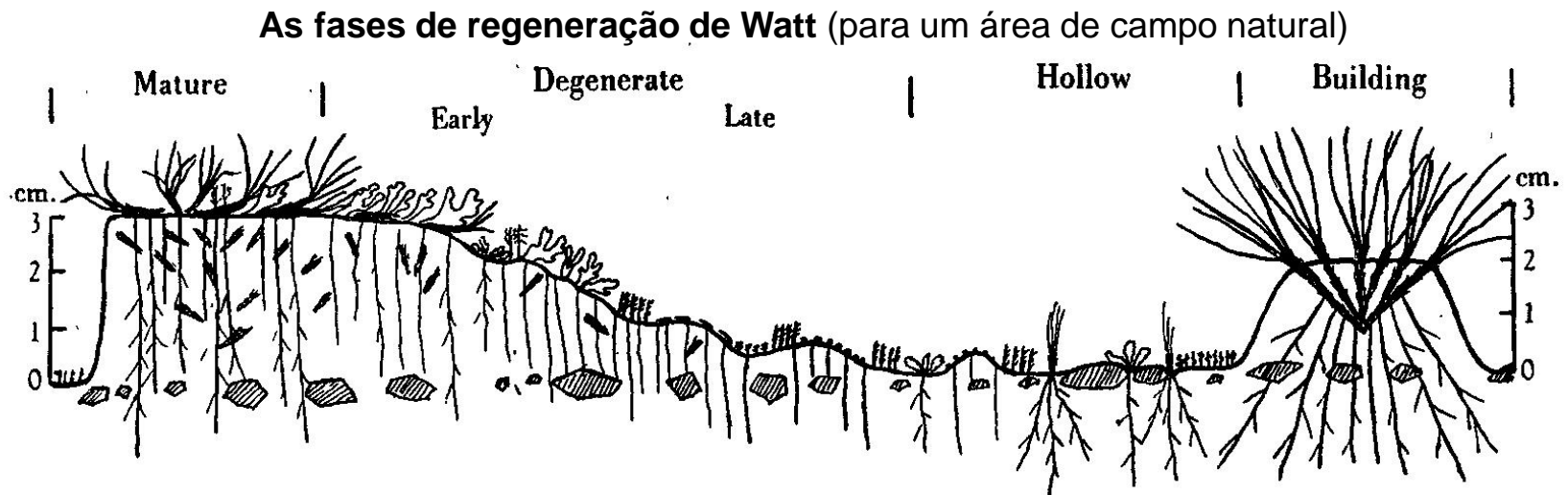
# DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

## Manutenção da vegetação

- Dinâmica de manchas
  - Sucessão também ocorre dentro da comunidade
  - Distúrbios menores geram um mosaico de fases de regeneração



Alexander S. Watt  
(1892-1985)



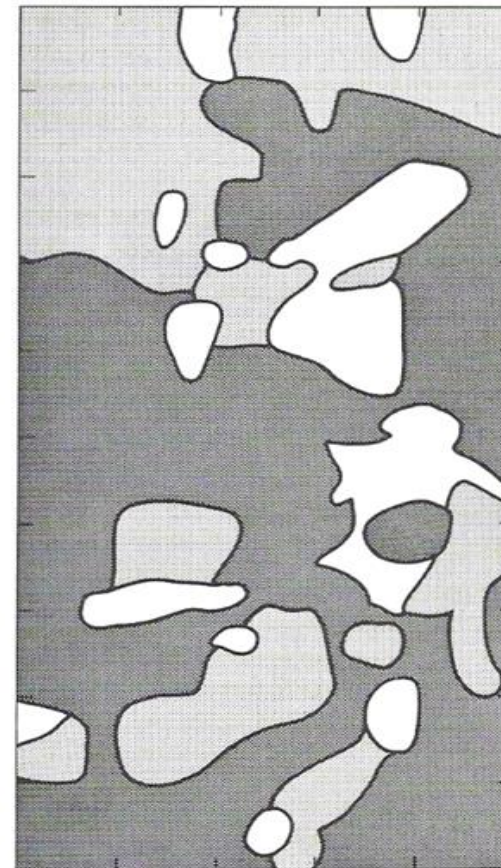
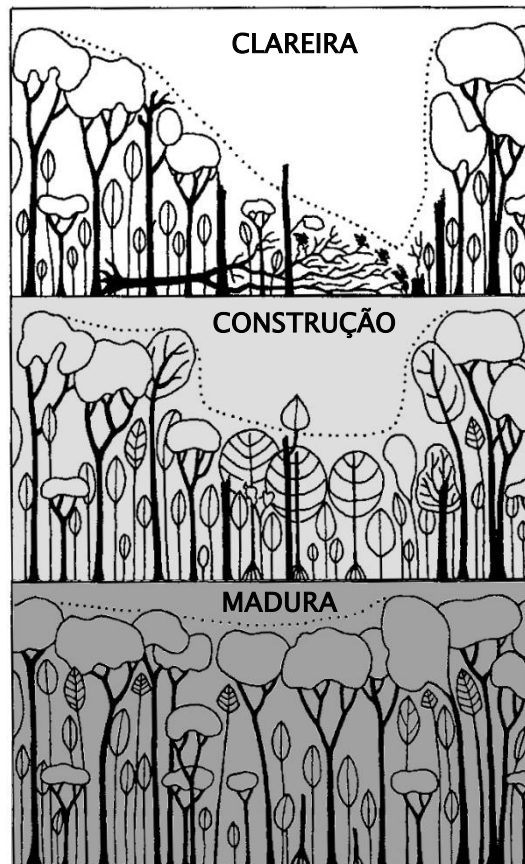
# DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

## Manutenção da vegetação

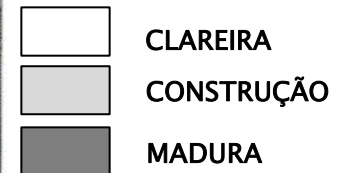
- Dinâmica de manchas

- Em florestas: dinâmica de manchas = din. de clareiras

As fases de regeneração



O mosaico visto de cima



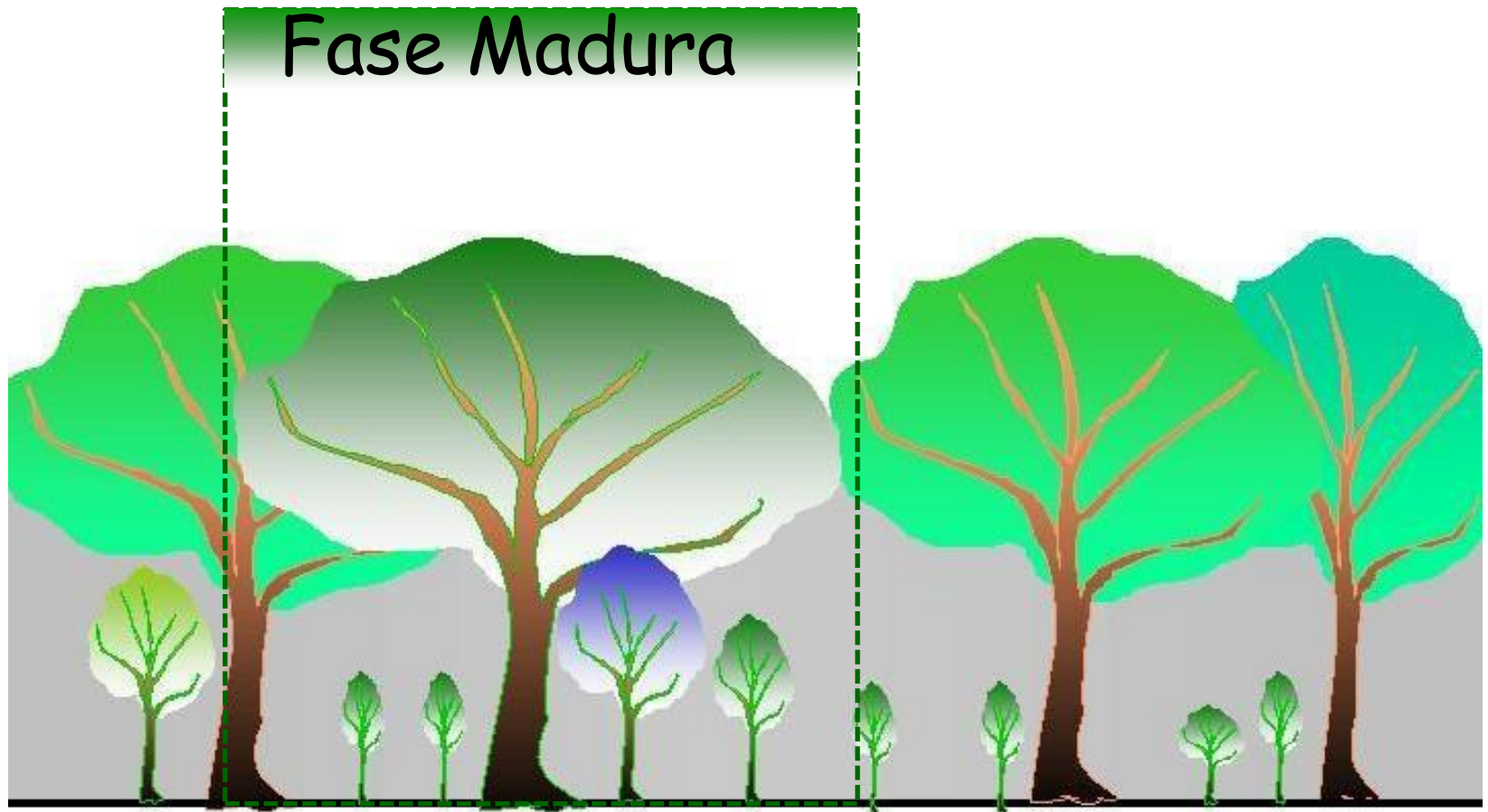
20 m

# DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

## Manutenção da vegetação

- Fase Madura

- Dossel de uma comunidade em fase final de sucessão

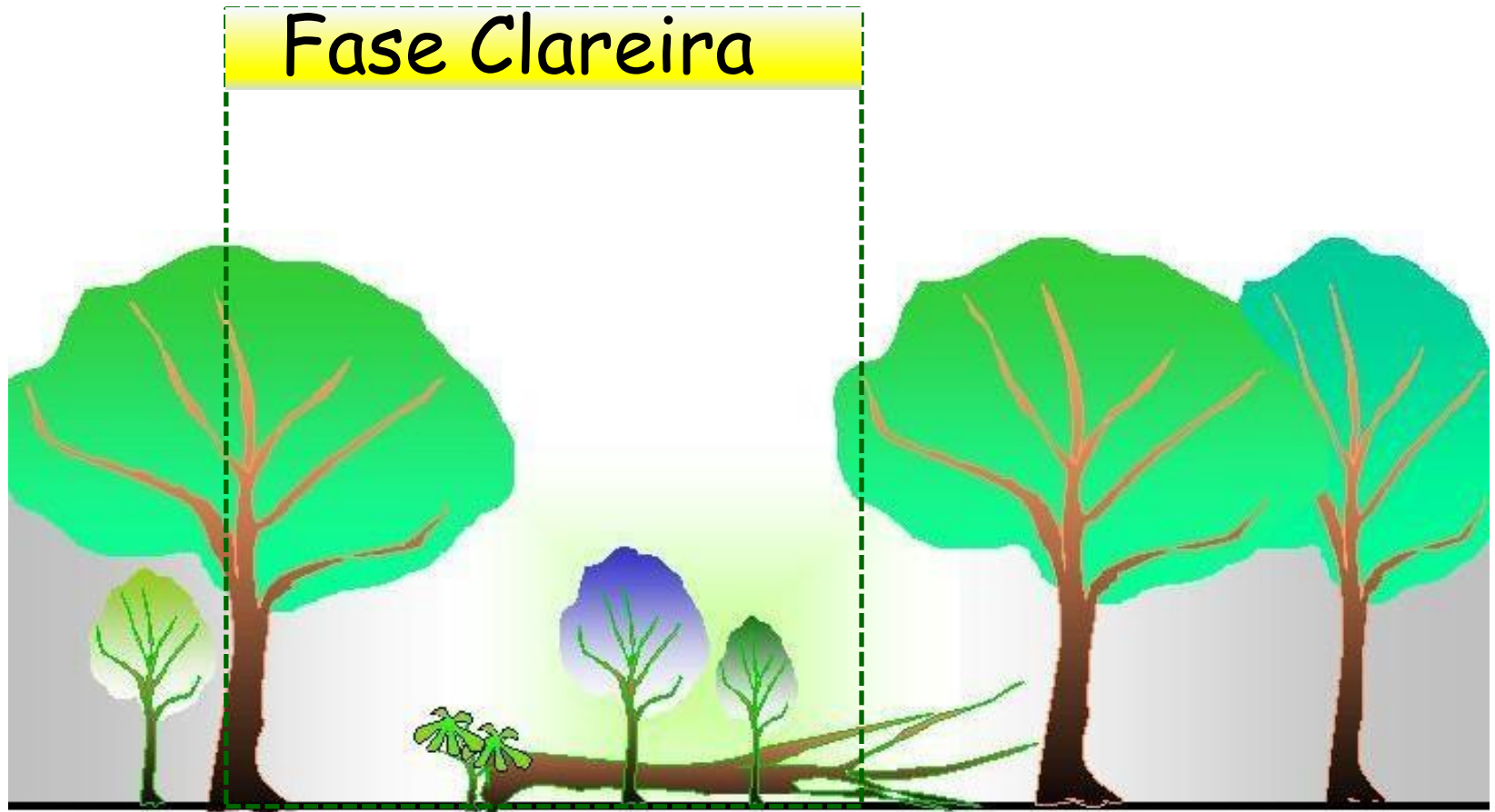


# DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

## Manutenção da vegetação

- **Fase Clareira**

- Distúrbio causando a morte de uma árvore do dossel

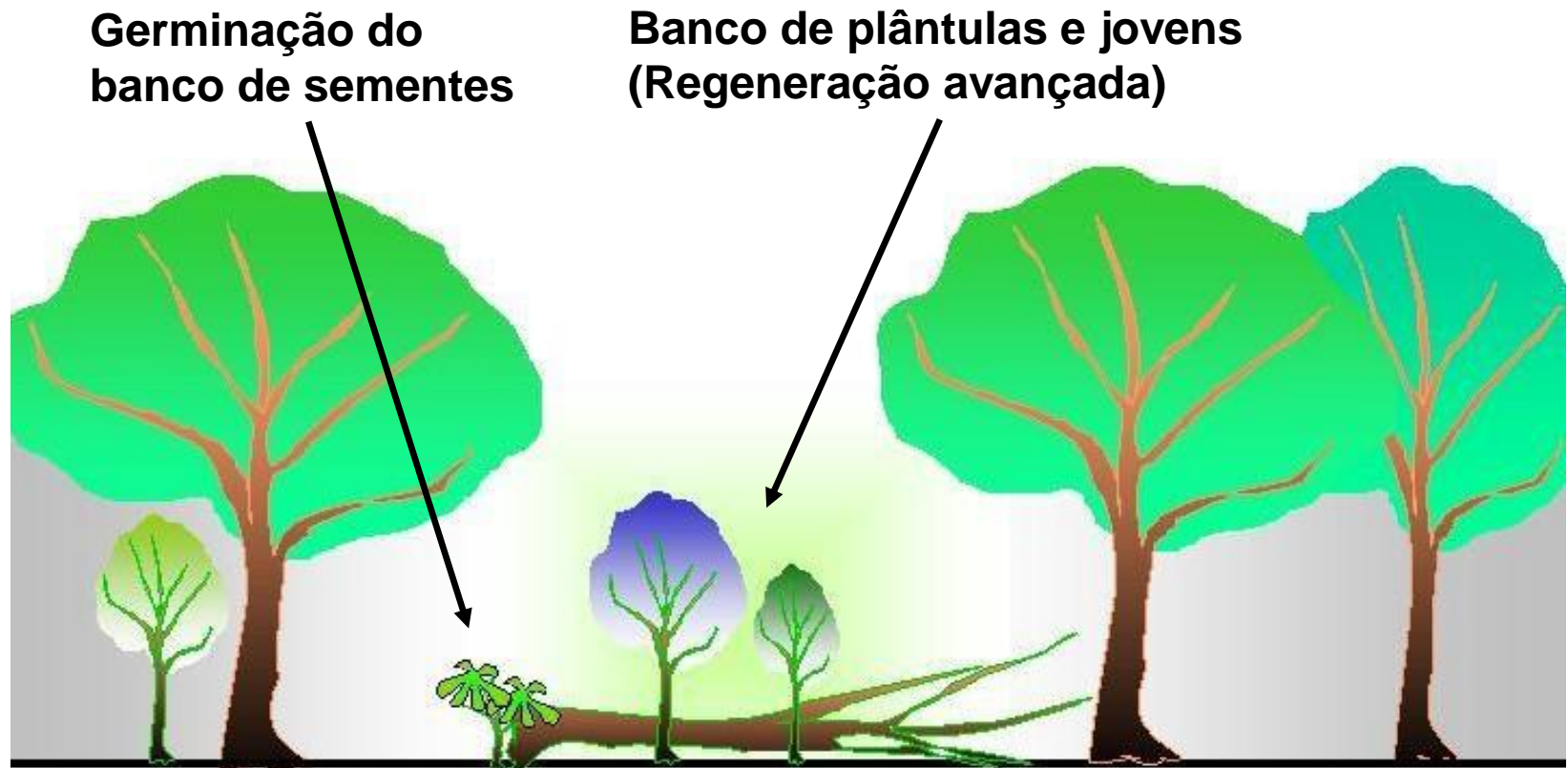


# DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

## Manutenção da vegetação

- **Fase Clareira**

- Novo ambiente criado: mais luz e espaço disponíveis

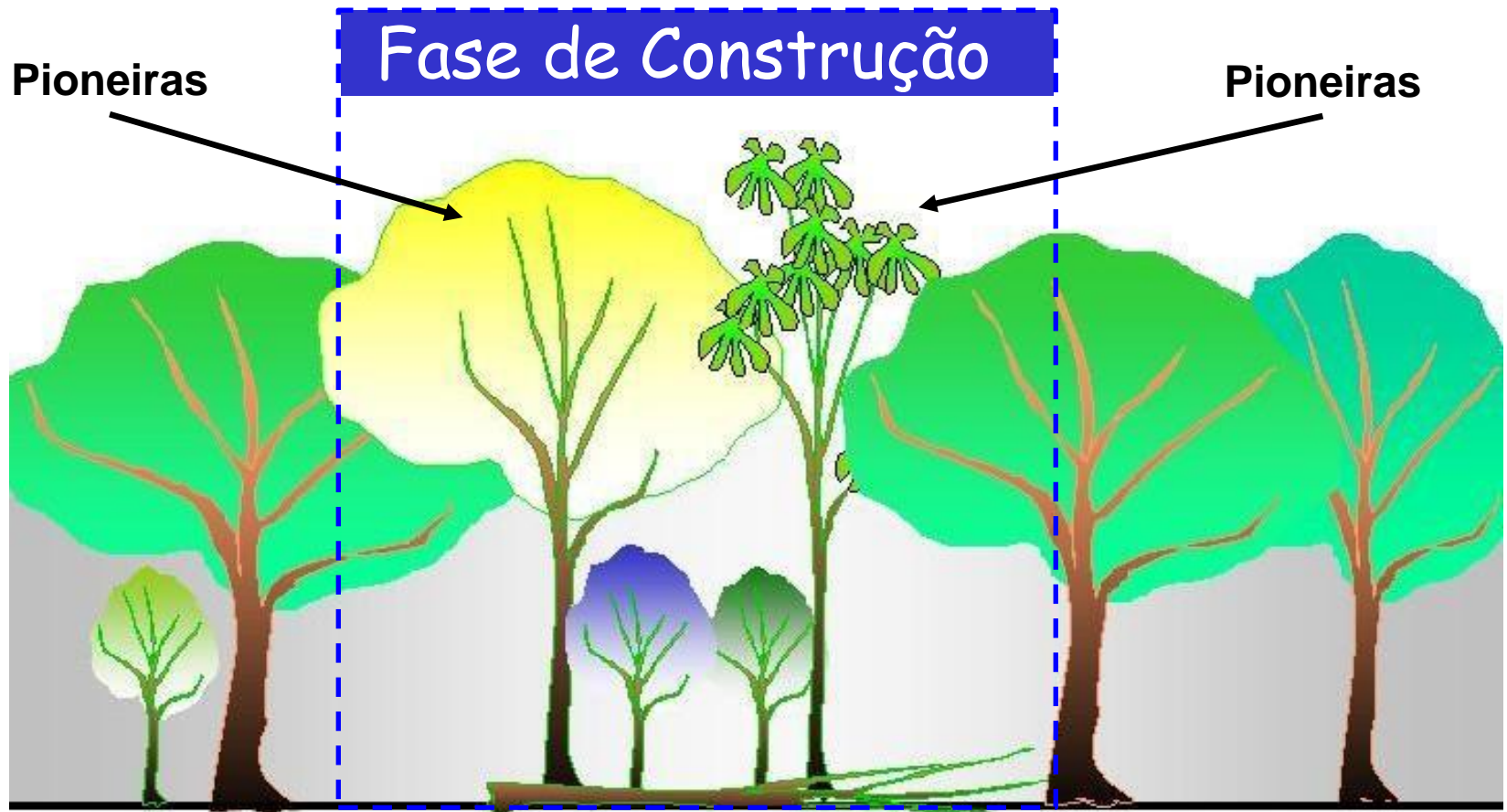


# DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

## Manutenção da vegetação

- **Fase Construção**

- Crescimento das espécies iniciais de sucessão

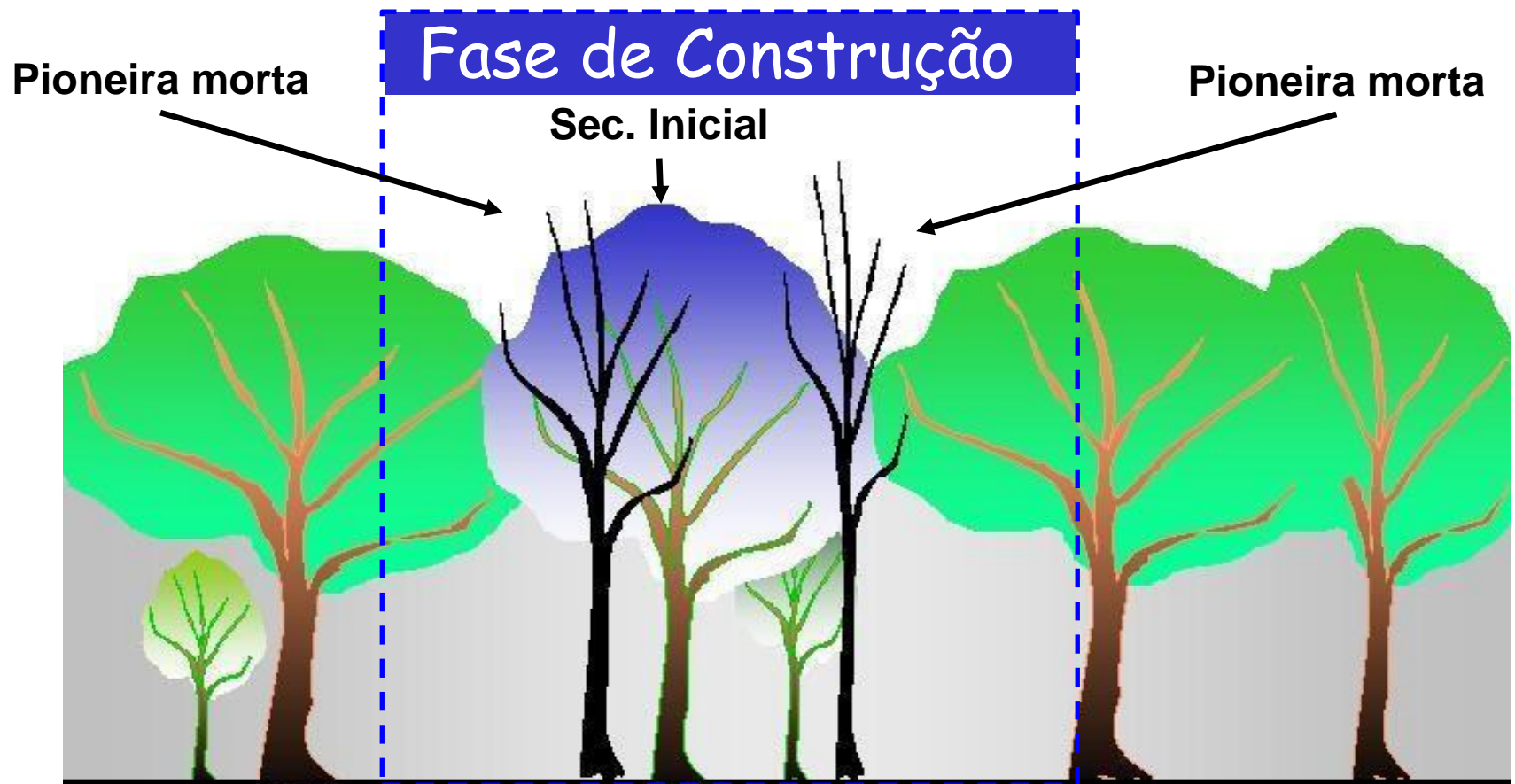




# DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

## Manutenção da vegetação

- Fase Construção
  - Senescência das pioneiras

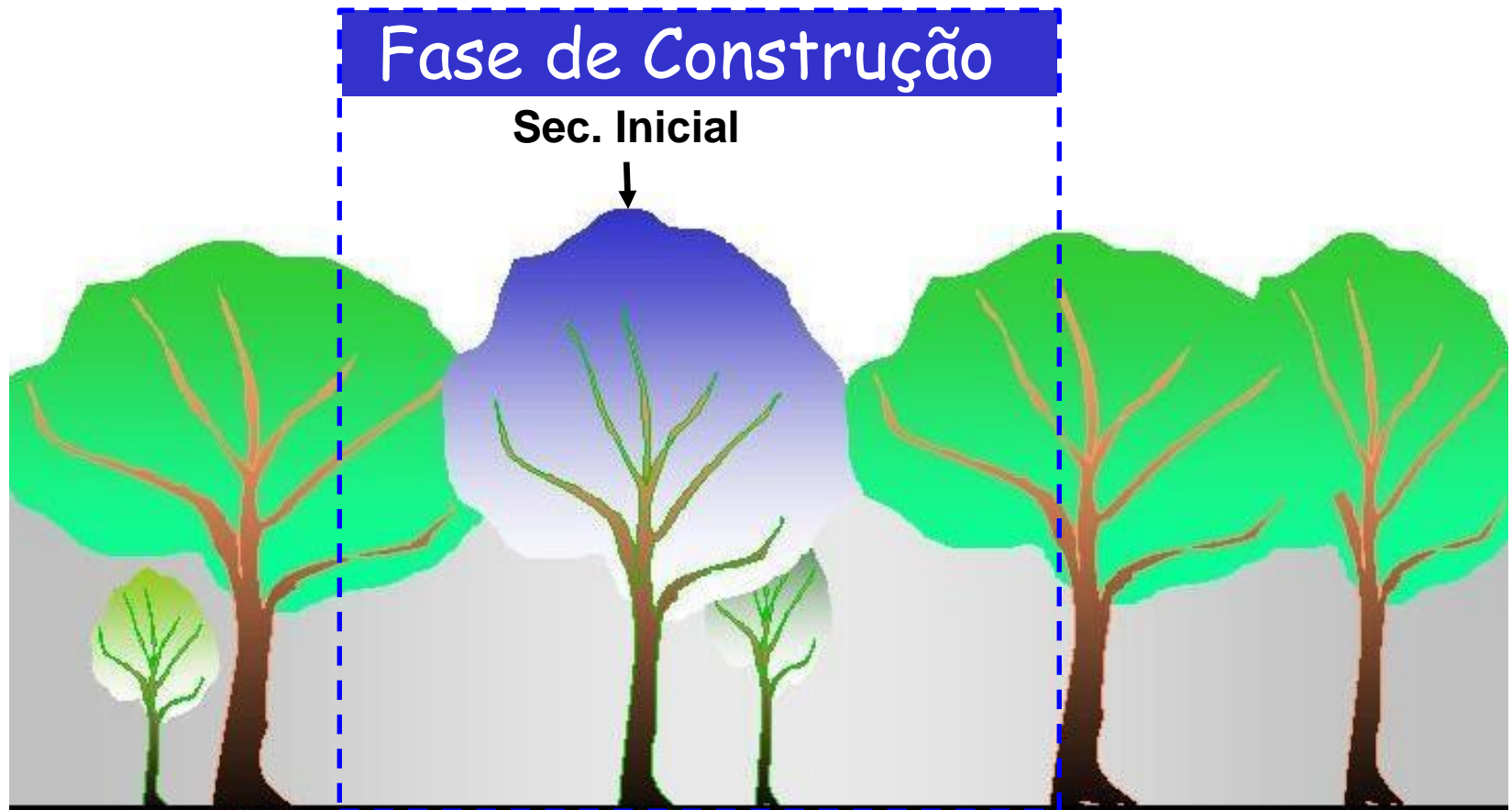


# DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

## Manutenção da vegetação

- **Fase Construção**

- Espécies secundárias crescendo e ocupando o dossel

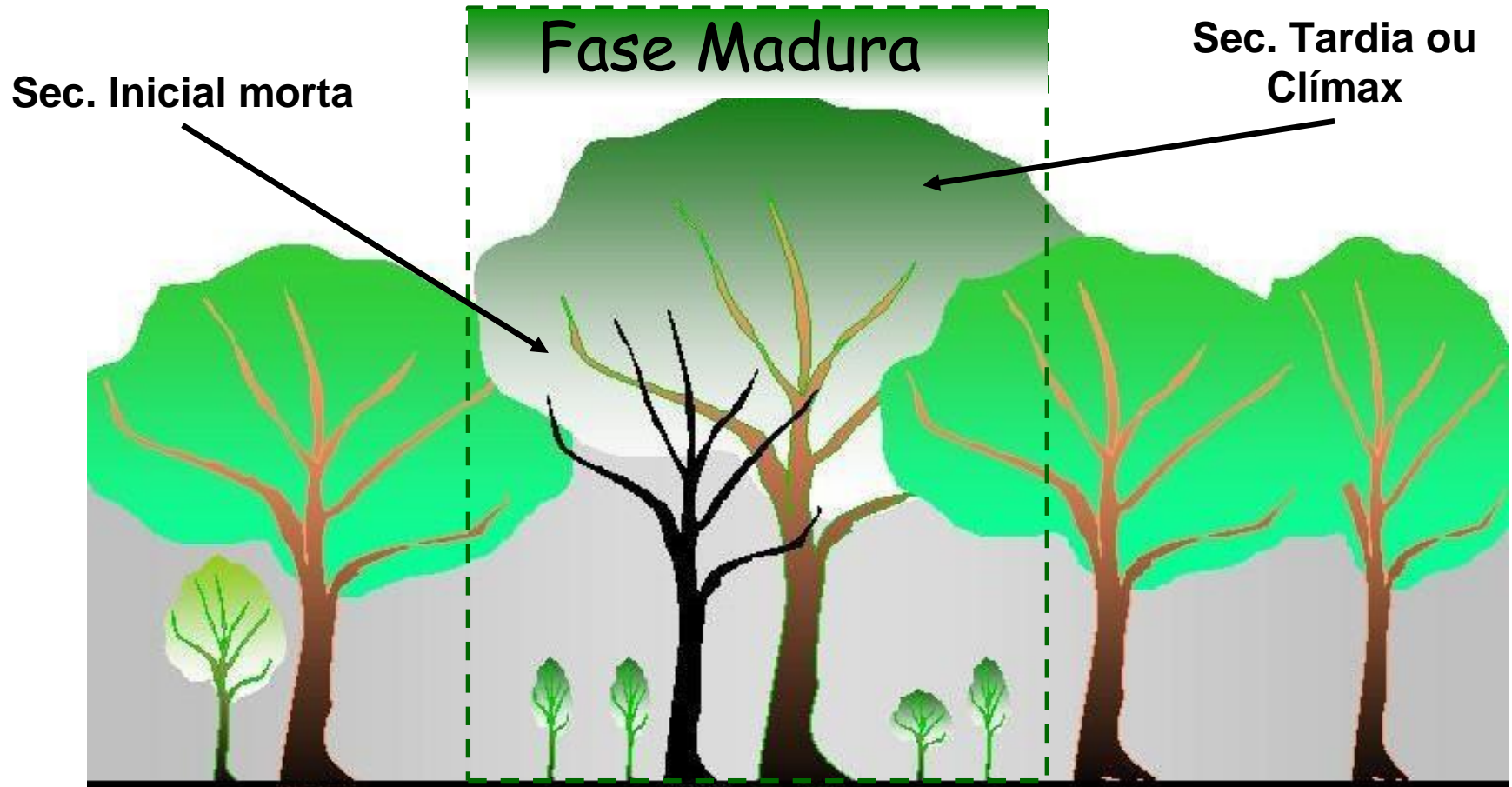


# DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

## Manutenção da vegetação

- Fase Madura (Nova)

- Crescimento das espécies de final de sucessão



# DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

## Manutenção da vegetação

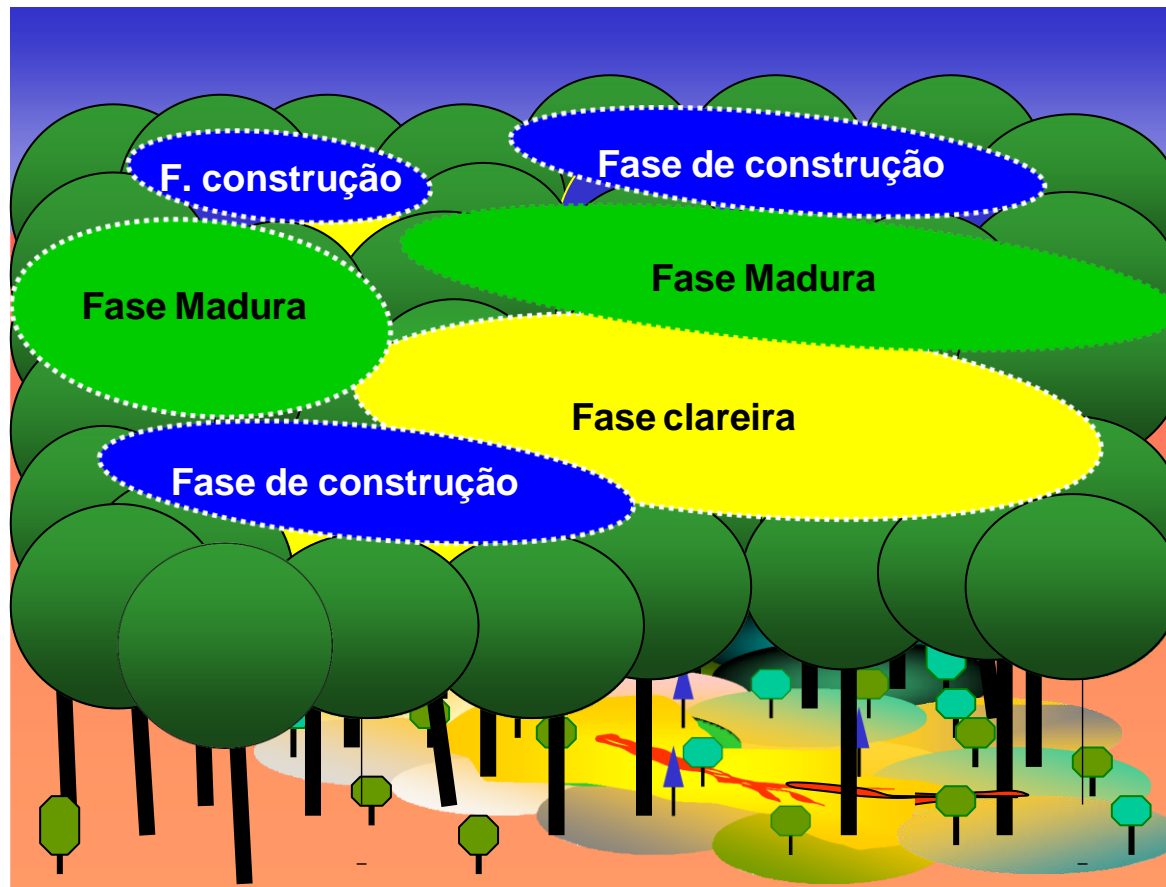
- **Dinâmica de clareiras**
  - Floresta é um mosaico dinâmico de manchas



# DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

## Manutenção da vegetação

- Dinâmica de clareiras
  - Floresta é um mosaico dinâmico de manchas

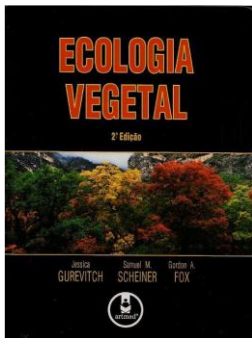
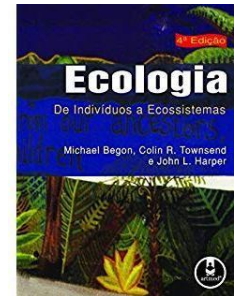


# SUCESSÃO ECOLÓGICA

**Finalizando...**

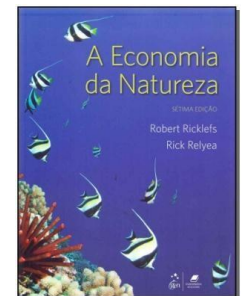
# PARA SABER MAIS...

BEGON, M., TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. (2007) **Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas**. 4ª edição, Artmed, Porto Alegre – Capítulos 16 e 21.



GUREVITCH, J., SCHEINER, S.M., FOX, G.A. (2009). **Ecologia Vegetal**. Editora Artmed.

RICKLEFS, R.E. RELYEA, R. (2018) **A Economia da Natureza**. 7ª edição, Guanabara/Koogan, Rio de Janeiro – Capítulo 23.



S.T.A. PICKETT, S.T.A. & WHITE, P.S. (1985) **The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics**, Academic Press.

Revista Brasil. Bot., V.28, n.4, p.651-670, out.-dez. 2005

Review paper/Artigo de revisão

## **Estrutura e regeneração de clareiras em Florestas Pluviais Tropicais**

RENATO A. FERREIRA DE LIMA<sup>1</sup>

LIMA, R.A.F, 2005. **Estrutura e regeneração de clareiras em Florestas Pluviais Tropicais**. Brazilian Journal of Botany 28: 651-670.

<https://doi.org/10.1590/S0100-84042005000400002>

**LER APENAS: RESUMO, INTRODUÇÃO E SEÇÃO 'Regeneração de clareiras'  
(PAGINAS 658-664)**



# PARA LEVAR PRA CASA...

- **Sucessão:** processo contínuo de mudanças em um local ao longo do tempo
- **Visão contemporânea:** várias trajetórias sucessionais possíveis (combinação dos fatores)
- **Fatores:** Distúrbios, comunidade pré-existente, interações e eventos aleatórios (dispersão, invasões, história)
- Diferentes **espécies respondem de maneira diferente** ao gradiente sucessional
- **Vegetação madura = mosaico dinâmico de fases de regeneração**