



**GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO**

**CAPACITAÇÃO EM ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA**

Antônio Carlos Galvão de Melo – Fundação Florestal

Parte I

**XIX Diálogo Interbacias
São Pedro, SP - 2023**

Regras de montagem (*assembly rules*):

Jared Diamond, década de 1950

Interações entre organismos que determinam a trajetória das mudanças de composição das comunidade

Baseiam-se, essencialmente, na hierarquia e na cronologia dos filtros atuantes no ecossistema

Regras de montagem (*assembly rules*):

- **Questões dos ecologistas da restauração?**
 - Como reconduzir uma área degradada a um ecossistema funcional que pode servir como habitat ou desempenhar serviços ambientais de interesse?
 - Como recolocar partes perdidas do ecossistema?

Montagem - Funcionalidade



Teoria dos filtros

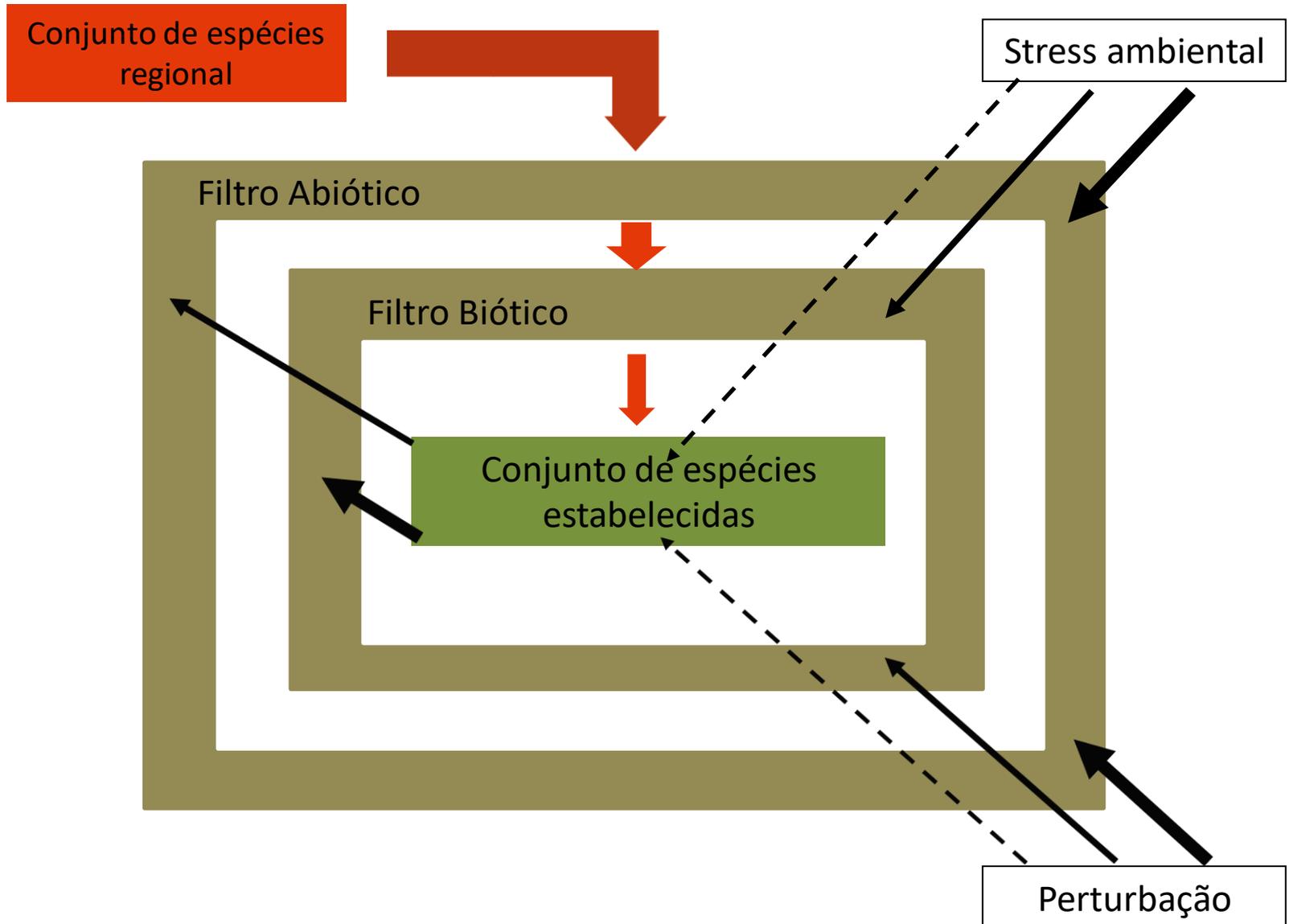
Filtros são os fatores que atuam selecionando as espécies que farão parte do ecossistema e determinando o ritmo de restabelecimento dos processos ecológicos

Sua hierarquia e cronologia, em determinado ecossistema são fundamentais para a definição das regras de montagem

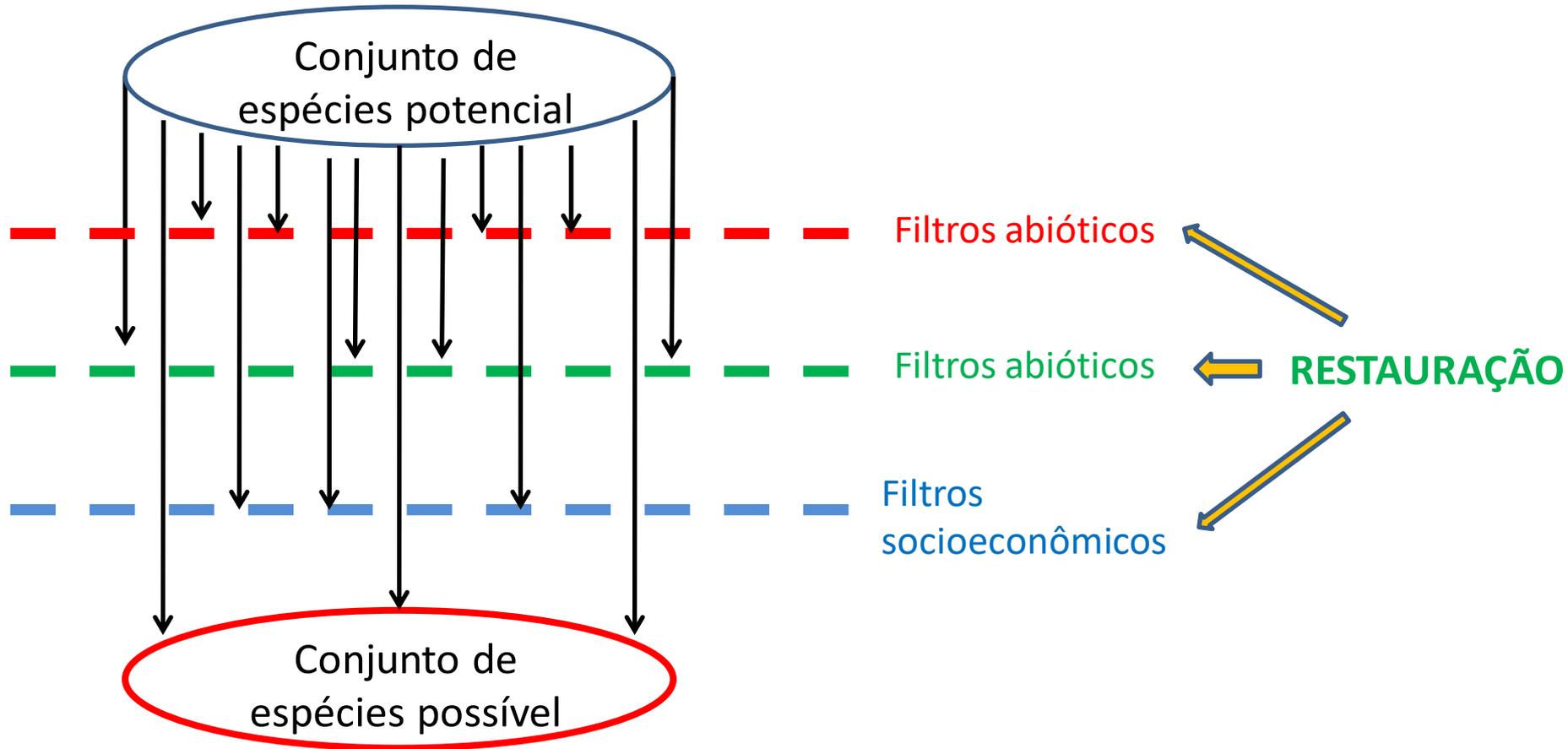
Dois tipos: abióticos e bióticos

Modelo do filtro ambiental dinâmico

Adaptado Fattorini & Halle (2004)



Esquema conceitual do efeito dos filtros sobre a composição da comunidade em restauração



Teoria dos filtros



Filtros abióticos:

Clima: temperaturas (máximas, mínimas, amplitude); chuva (volume e distribuição)

Substrato: fertilidade, ciclagem de nutrientes, disponibilidade hídrica, saturação hídrica, toxicidade, compactação do solo

Estrutura da paisagem: posição na vertente, uso anterior da terra, grau de isolamento

Distúrbios: fogo, deslizamento de terra, vendavais



Teoria dos filtros – Filtros bióticos

Existência / disponibilidade de propágulos

raízes

banco de sementes

árvores isoladas, fragmentos próximos)

Competição

com exóticas

entre espécies plantadas

entre árvores plantadas e regenerantes

Predação:

lebre europeia

gado

predadores de sementes

Herbivoria:

formigas cortadeiras

gado

Mutualismo:

micorrizas

bactérias fixadoras de N

polinização e dispersão

defesas

Ordem de chegada das espécies :

promoção de facilitação/inibição

(favorecimento ou impedimento à entrada de novas espécies)

Teoria dos filtros

Filtros socioeconômicos:

Limitação de recursos

Falta de assistência técnica

Falta de motivação

Conflito de expectativas (Proprietários X outros):

Conservar biodiversidade? Proteger recursos hídricos?

Potencial de exploração comercial?

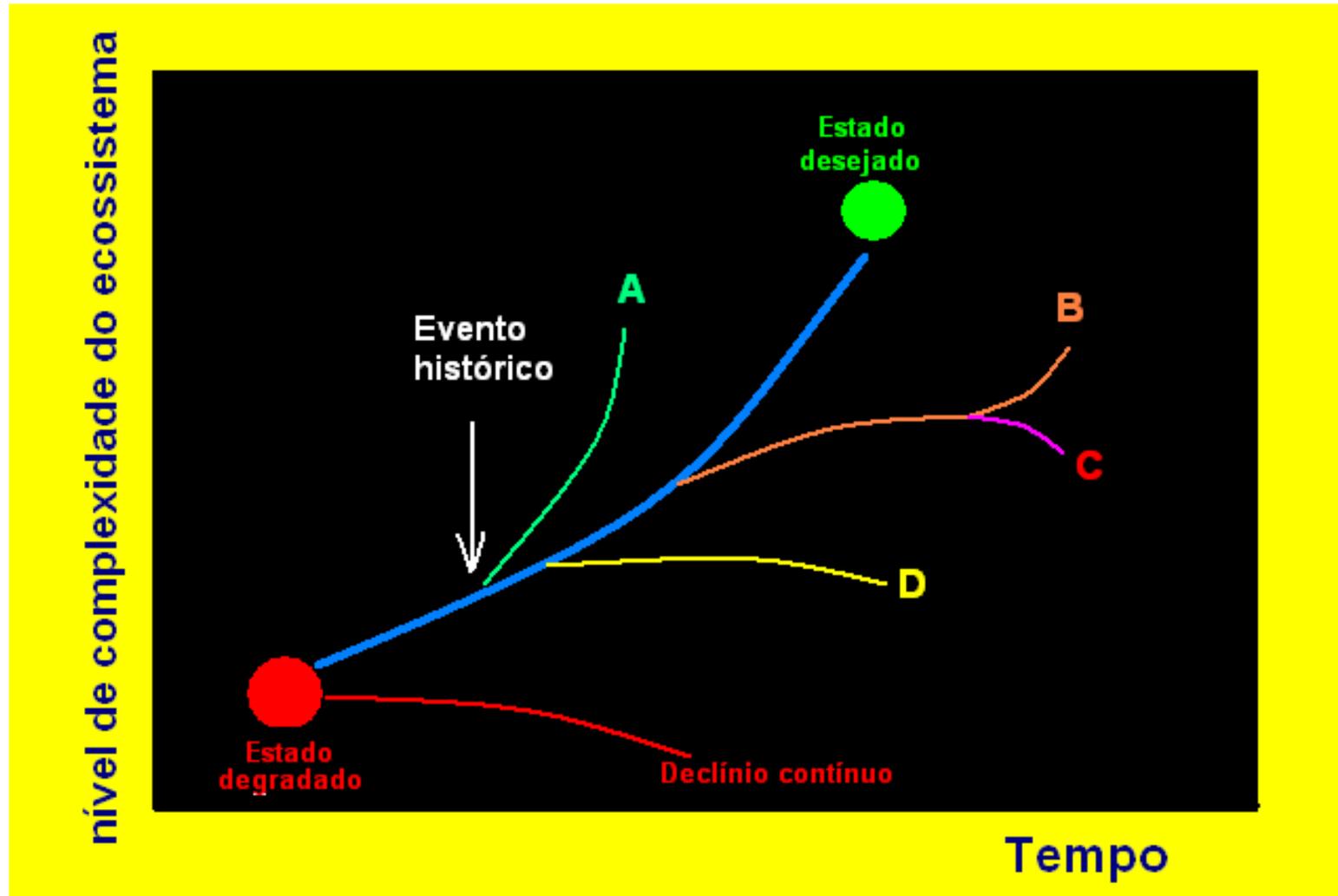
QUAIS OS FILTROS??

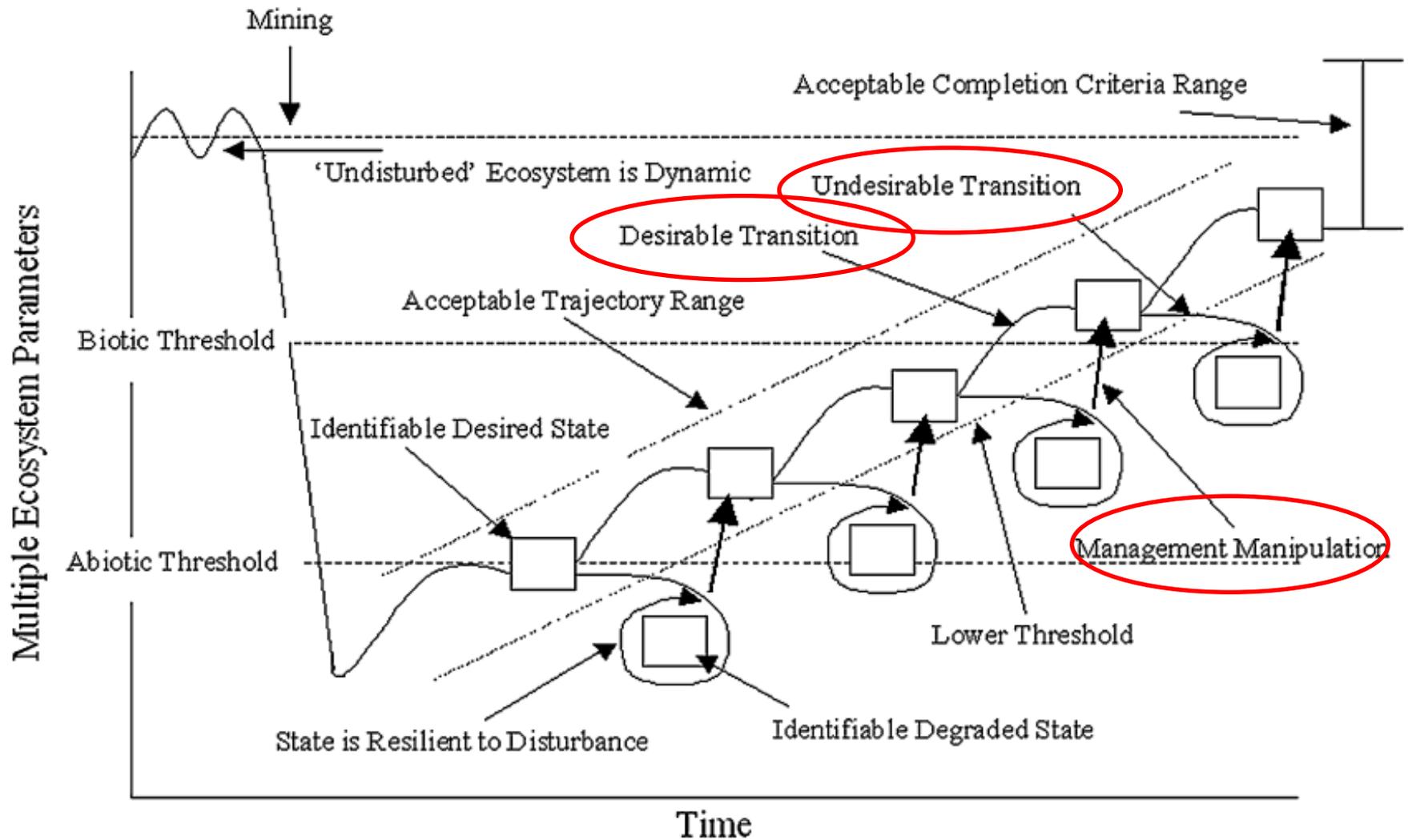


Filtros e facilitação

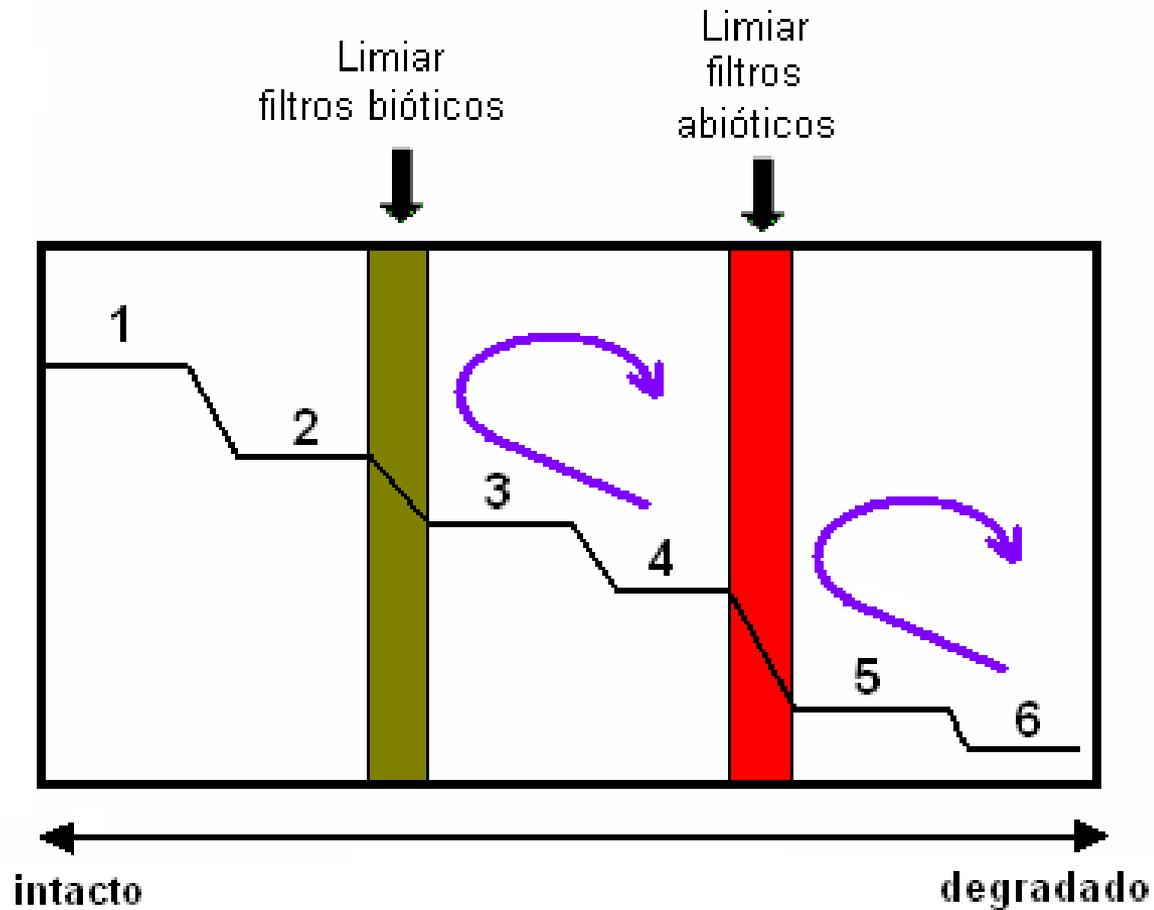


ESTADOS ALTERNATIVOS ESTÁVEIS





“THRESHOLD” = LIMIAR



Técnicas mais usadas de restauração

Onde estamos?
Floresta x Cerrado

PROCESSO DE PERTURBAÇÃO	CERRADO				FLORESTA	
	Técnica de recuperação				Técnica de recuperação	
Desmatamento	➤Controle de incêndios e de espécies invasoras (gramíneas exóticas)				➤Supressão total do fogo ➤Controle de espécies invasoras ➤Controle de cipós	
Reflorestamento (exóticas) após desmatamento	➤Eliminação das árvores exóticas ➤Controle de incêndios e de espécies invasoras (gramíneas exóticas)				➤Supressão total do fogo ➤Eliminação das árvores exóticas ➤Controle de cipós ➤Controle de espécies invasoras	
Fogo	➤Controle de incêndios e de espécies invasoras (gramíneas exóticas)				➤Supressão total do fogo ➤Controle de cipós ➤Controle de espécies invasoras ➤Plantio de enriquecimento	
Pastoreio extensivo	➤Suspensão de roçadas ➤Controle de incêndios e gramíneas exóticas				➤Supressão total do fogo ➤Eliminação de gramíneas ➤Descompactação do solo ➤Plantio: pioneiras + não pioneiras	
Agricultura ou pastagens de alta tecnologia	➤ Plantio de espécies lenhosas longevas ➤Controle de espécies invasoras				➤Controle de plantas invasoras ➤Plantio: pioneiras + não pioneiras ➤Alternativa: sistemas agroflorestais	
Cortes (retirada de terra)	➤Regeneração natural (lenta) ➤Opcional: plantio de enriquecimento com espécies tolerantes a ambiente inóspito)				➤Recuperação do solo (estrutura e microrganismos) ➤Plantio de espécies tolerantes a ambientes inóspitos	
Aterros e mineração	>Recuperação do solo (estrutura e microrganismos) + plantio de espécies tolerantes a ambientes inóspitos				➤Recuperação do solo (estrutura e microrganismos) >Plantio de espécies tolerantes a ambientes inóspitos	
Muito alto	Alto		Médio	Baixo	Muito baixo	Nulo

Resiliência: potencial de regeneração natural

(Durigan et al 1998)

EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO

Tendência atual: uma técnica para cada situação

- Regeneração natural
- Semeadura direta
- Nucleação
- Plantios de enriquecimento
- Reflorestamento:
 - **Plantio de facilitadoras (Pioneiras? Zoocóricas? Caducifólias? Leguminosas?)**
 - Ilhas de diversidade
 - Linhas de preenchimento + linhas de diversidade
 - Sistemas agroflorestais
 - Plantio de espécies exóticas
 - Transposição de plântulas

Em qualquer sistema que utiliza plantio, as espécies têm de ser adaptadas ao ambiente (solo e clima)

TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO

Regeneração natural: a vegetação se regenera sem necessidade de plantio

Requisitos:

1. Existência de sementes ou raízes em densidade suficiente para recolonizar a área;
2. Solo pouco modificado;

Situações em que se aplica:

- Desmatamento recente
- Pastagem natural em região de cerrado
- Reflorestamento com subosque abundante

Como fazer?

Eliminar os impactos (fogo, gado, gramíneas exóticas)

VANTAGENS: custo muito baixo, vegetação será muito semelhante à original

DESVANTAGEM: dificilmente é possível...

Regeneração natural:



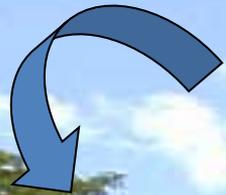
Cerrado



Mata Atlântica



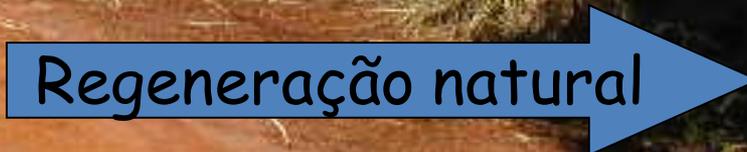




Floresta nativa



Cana-de-açúcar



Regeneração natural





**Condução da
regeneração natural**

TÉCNICA DE RESTAURAÇÃO

Semeadura direta: colocação de sementes direto no solo (sem fazer mudas)

Requisitos:

1. Clima favorável (sem seca)
2. Alta disponibilidade de sementes
3. Nem toda espécie apresenta bom “desempenho”

Situações em que se aplica:

- Áreas agrícolas com solos íntegros, sem gramíneas invasoras
- Desmatamento recente sem sementes disponíveis (fonte ou banco)

Como fazer? (pouca informação)

- Sulcos (semeadura em linhas, 5 sementes por metro)
- Covas (semeadura em covas, 3 sementes por cova)
- Muvuca
- Raleação: deixar crescer no máximo 2.000 mudas por hectare.

VANTAGENS:

Sem custo de mão-de-obra para produção de mudas

Baixo custo de manutenção

DESVANTAGENS: baixa diversidade, exigência de grande quantidade de sementes

Custo final nem sempre favorável

Semeadura direta:



guapuruvu

TÉCNICAS POSSÍVEIS DE RESTAURAÇÃO

Nucleação: instalação de núcleos de regeneração (modelos mais comuns)

Requisitos:

- 1. Clima favorável (sem seca)**
- 3. Existência de fontes de sementes nas proximidades (vegetação nativa)**

Situações em que se aplica:

Áreas agrícolas sem gramíneas invasoras

Pastagens em clima sempre úmido

Como fazer? (várias técnicas)

Plantar árvores que atraem dispersores (poleiros naturais)

Instalar poleiros artificiais

Transposição de banco de sementes

VANTAGENS:

Sem custo de mão-de-obra para produção de mudas

Baixo custo de manutenção

As espécies serão nativas da região

DESVANTAGENS:

Resultados imprevisíveis

O processo pode ser lento

Nucleação:



Mal sucedida:
espécie não facilitadora
déficit hídrico

Bem-sucedida: espécie
facilitadora, solo úmido



TÉCNICAS POSSÍVEIS DE RESTAURAÇÃO

Plantio de adensamento / enriquecimento

Requisitos:

1. Existência de regeneração em baixa densidade ou baixa diversidade

Situações em que se aplica:

Pastagens abandonadas

Plantios antigos com baixa sobrevivência

Capoeiras ralas

Como fazer?

Plantio em linhas

Preenchimento de clareiras

Plantar de preferência espécies que não estão se regenerando ou com melhor desempenho no local

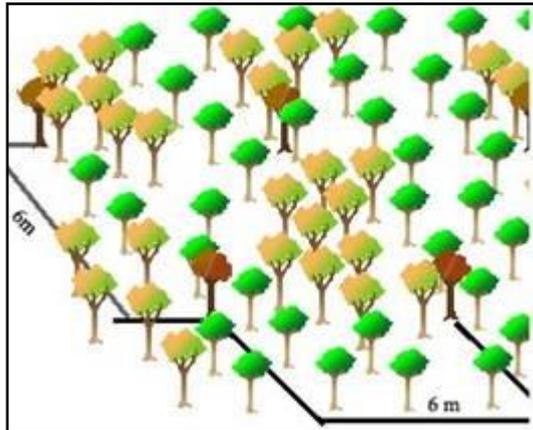
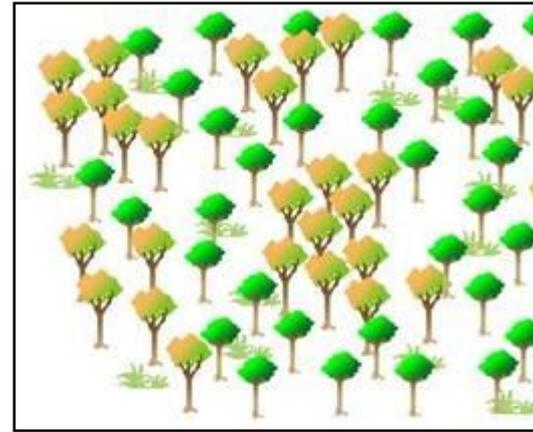
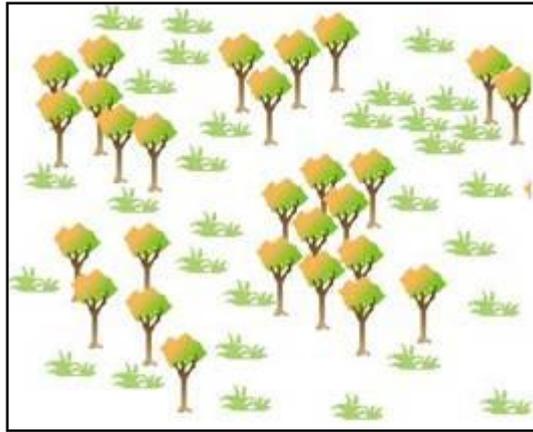
VANTAGENS:

Aproveitar a regeneração natural (reduzir custos)

DESVANTAGENS:

Manutenção difícil

Adensamento X Enriquecimento



• Área apresentando regeneração natural de espécies arbóreas (situação inicial).

• Plantio de adensamento com espécies de rápido crescimento no espaçamento 2x2 m visando garantir o rápido recobrimento do solo;

• Plantio de enriquecimento utilizando espécies secundárias iniciais, secundárias tardias e climáceas ou de diferentes procedências das espécies já existentes, no espaçamento 6x 6m, para aumentar a diversidade florística e/ou genética na área.



Gramíneas



Indivíduos remanescentes ou germinados do banco de sementes



Pioneira + sec. inicial + frutíferas atrativas de fauna

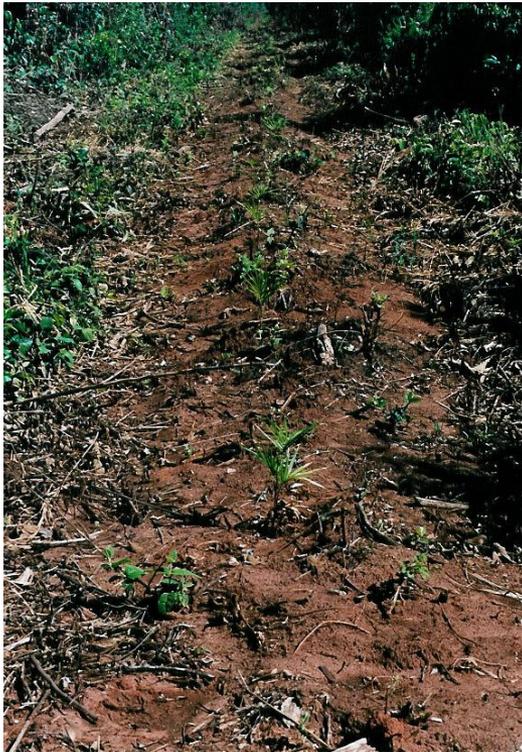


Secundária inicial + secundárias tardias + clímax + diversidade

Plantio de enriquecimento



**Bem sucedido:
preenchimento de
clareiras (pastagem)**



**Mal sucedido:
palmito em linhas
sob cerradão**

**Bem sucedido:
palmito em mata
ciliar**



TÉCNICAS POSSÍVEIS DE RESTAURAÇÃO

REFLORESTAMENTO (plantio de mudas em área total):

Situações em que se aplica:

Qualquer área em que não há potencial de regeneração natural

Como fazer?

Colheita de sementes

Produção de mudas

Controle de formigas cortadeiras

Preparo do solo (covas ou área total?)

Controle de gramíneas invasoras (herbicida? capina?)

Isolamento do gado

Plantio de preferência no início da estação chuvosa

VANTAGENS:

Recobertura rápida onde não há potencial de regeneração natural

DESVANTAGENS:

Custo elevado

REFLORESTAMENTO: transporte de mudas



REFLORESTAMENTO: cercas para isolamento do gado



REFLORESTAMENTO: descompactação do solo



REFLORESTAMENTO: controle de formigas cortadeiras



REFLORESTAMENTO: plantio



Herbicida + Coveamento
manual



Preparo convencional + sulcamento +
coveamento no sulco





REFLORESTAMENTO: controle de invasoras

Roçada mecanizada na entrelinha
+ capina na coroa



Aplicação de herbicida (glifosato)





REFLORESTAMENTO: irrigação



REFLORESTAMENTO: Replanteio!!!



TÉCNICAS POSSÍVEIS DE RESTAURAÇÃO

REFLORESTAMENTO:

Quais espécies escolher? Aquelas que puderem facilitar a regeneração natural sob suas copas

Como plantar?

Áreas com gramíneas invasoras:

Árvores de copa densa e crescimento rápido (pioneiras ou secundárias): eliminam os capins pelo sombreamento

Plantio em alta densidade

Áreas com solos muito pobres ou degradados:

Leguminosas fixadoras de nitrogênio: melhoram a fertilidade do solo

Espécies exóticas rústicas e de crescimento rápido (desde que não sejam invasoras)

Regiões com estação seca prolongada:

Espécies caducifólias (economizam água)

Plantio em baixa densidade (pouca competição)

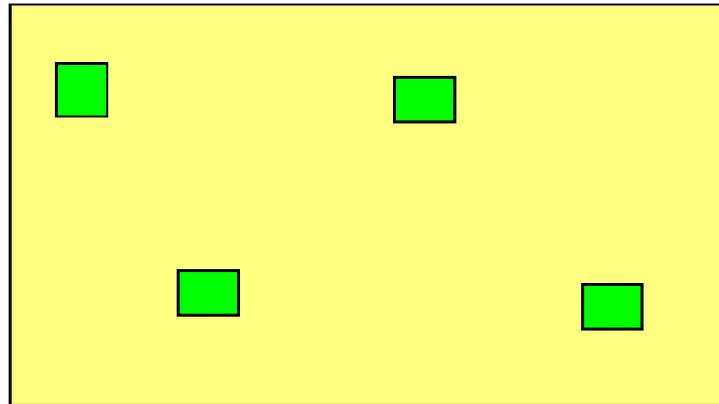
SEMPRE QUE POSSÍVEL, ESCOLHER ESPÉCIES COM SEMENTES DISPERSAS POR PÁSSAROS E OUTROS ANIMAIS

TÉCNICAS POSSÍVEIS DE RESTAURAÇÃO

REFLORESTAMENTO:

Ilhas de diversidade:

Plantio de poucas espécies na maior parte da área e alguns trechos com alta diversidade



 alta diversidade, poucas mudas

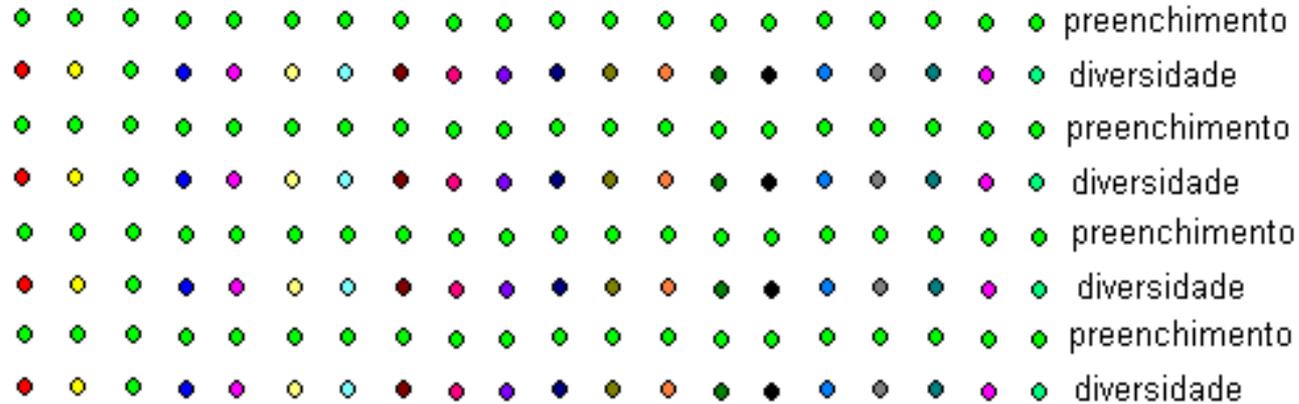
 baixa diversidade, muitas mudas, espécies facilitadoras

É interessante em regiões onde não há fontes de sementes nas proximidades

TÉCNICAS POSSÍVEIS DE RESTAURAÇÃO

REFLORESTAMENTO:

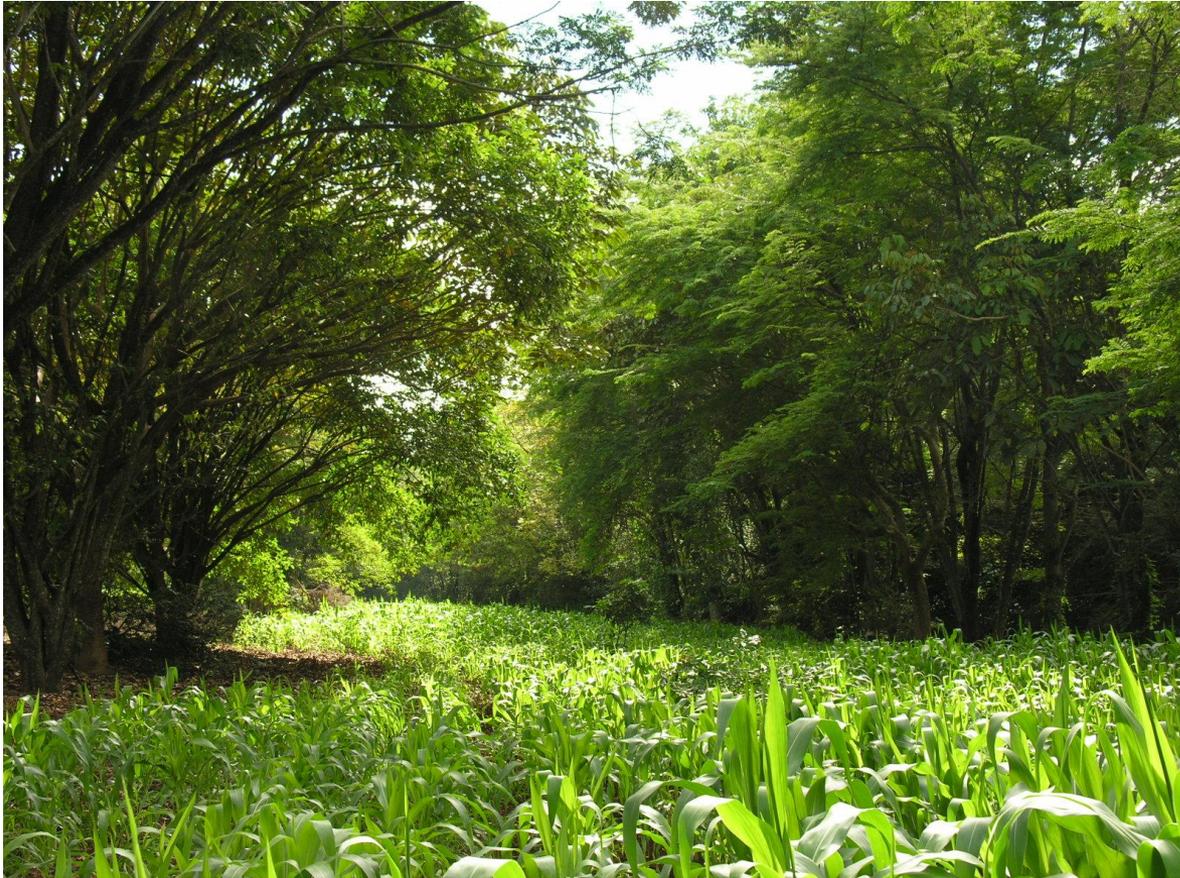
Linhas de preenchimento + linhas de diversidade



TÉCNICAS POSSÍVEIS DE RESTAURAÇÃO

REFLORESTAMENTO:

Sistemas Agroflorestais



TÉCNICAS POSSÍVEIS DE RESTAURAÇÃO

REFLORESTAMENTO:

Plantio puro de espécies nativas



TÉCNICAS POSSÍVEIS DE RESTAURAÇÃO

REFLORESTAMENTO:

Plantio puro de espécies nativas



TÉCNICAS POSSÍVEIS DE RESTAURAÇÃO

REFLORESTAMENTO:

Plantio puro de espécies exóticas



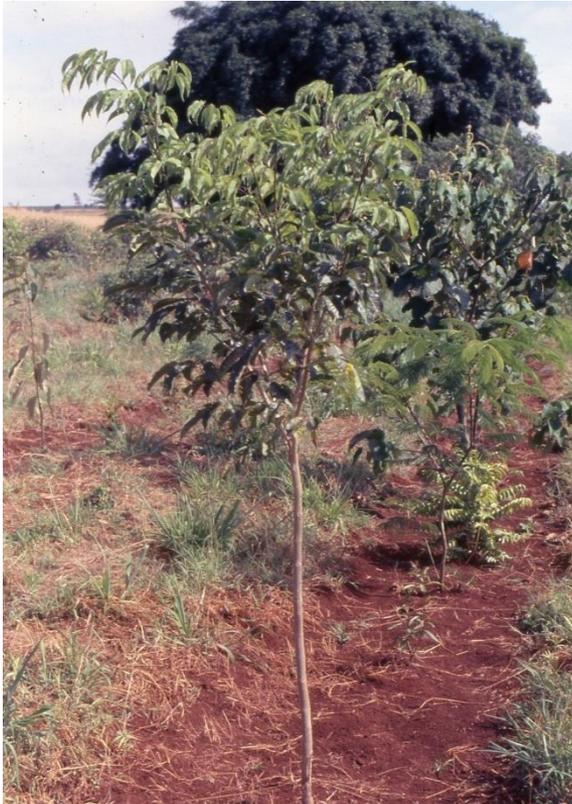
Pinus: bom para solos arenosos, muito pobres ou degradados, elimina as gramíneas pelo sombreamento

Risco de invasão em campos úmidos!

TÉCNICAS POSSÍVEIS DE RESTAURAÇÃO

REFLORESTAMENTO:

Plantio misto aleatório de espécies nativas



TÉCNICAS POSSÍVEIS DE RESTAURAÇÃO

REFLORESTAMENTO:

Plantio misto aleatório de espécies nativas



Reflorestamento: ESCOLHA DE ESPÉCIES:

REGIÃO DE CERRADO

Solo bem drenado

1

≠

Solo mal drenado

2



≠

REGIÃO DE FLORESTA

Solo bem drenado

3

≠

Solo mal drenado

4



**AS ESPÉCIES VEGETAIS SÃO DIFERENTES
O CRESCIMENTO É MUITO DIFERENTE!**

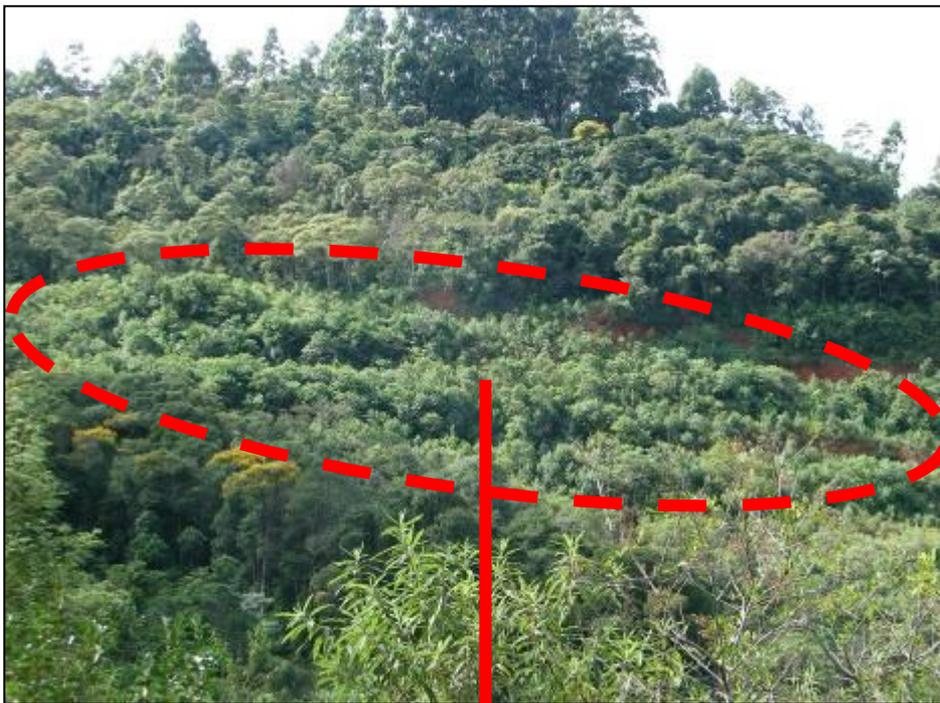
Aplicação de topsoil





Uso de topsoil na restauração de taludes (150 espécies de várias formas de vida)







Bran

Fevereiro de 2004

Março de 2002

Setembro de 2002



**GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO**

Obrigado