

BIE 0317 Conservação da Biodiversidade 2015

Restauração ecológica

Leandro Reverberi Tambosi
letambosi@yahoo.com.br



Laboratório de Ecologia
e Restauração Florestal
USP / ESALQ / LCB



Restauração ecológica

- O que é restauração ecológica ?
- Por que restaurar ?

Restauração ecológica

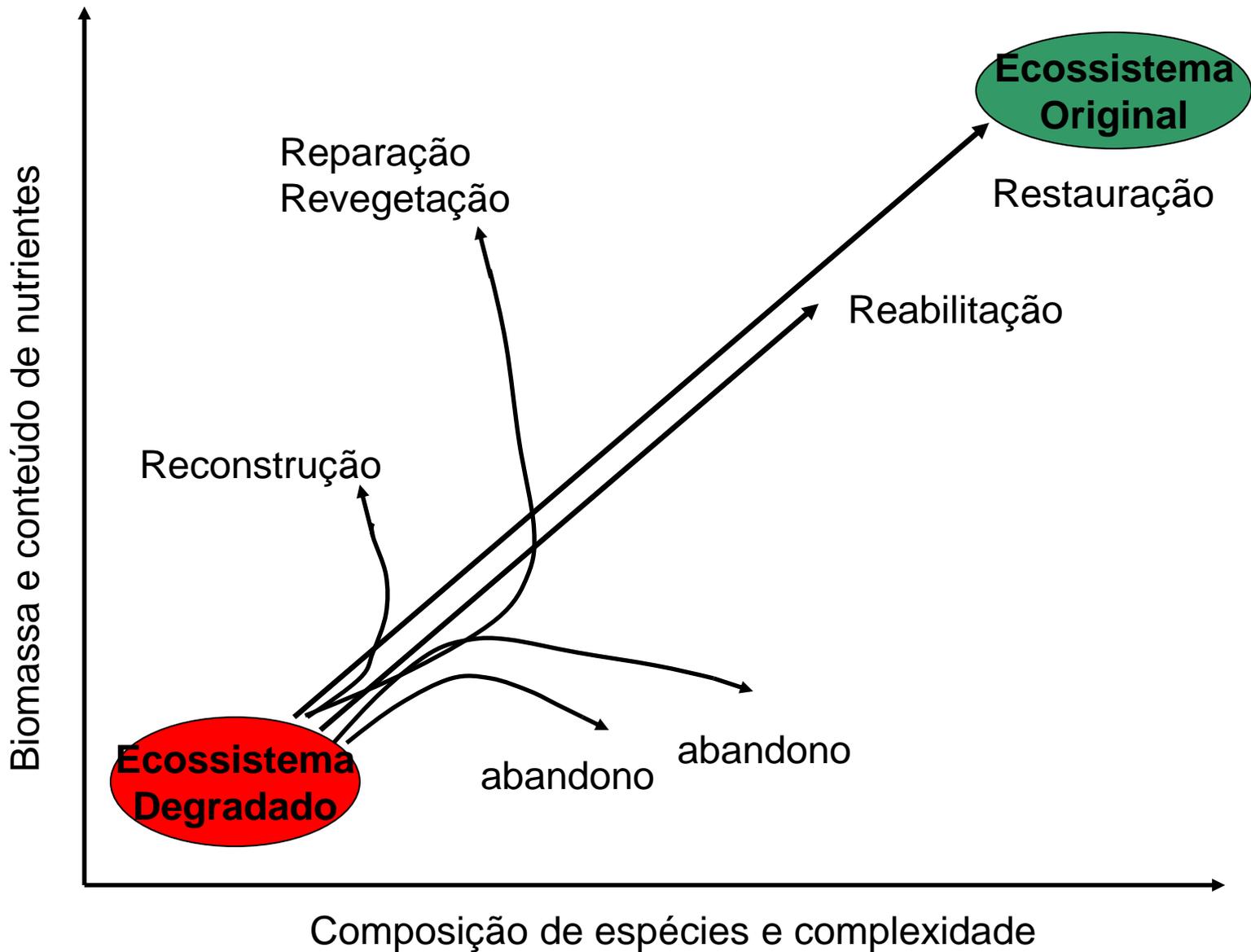
- O que é restauração ecológica ?
- Por que restaurar ?
 - Aumento da erosão
 - Redução dos estoques de água
 - Falta de matéria prima
 - Perda de biodiversidade
 - Diminuição da produtividade

Restauração, recuperação ou revegetação?

- Reconstrução: a partir de ecossistemas muito degradados
- Reparação: reconstrução parcial de ecossistemas muito degradados
- Revegetação: replantio de vegetação nativa ou exótica
- Recuperação: ocorre por sucessão natural
- Restauração: retornar a condição inicial

Restauração, recuperação ou revegetação?

- Reconstrução: a partir de ecossistemas muito degradados
- Reparação: reconstrução parcial de ecossistemas muito degradados
- Revegetação: replantio de vegetação nativa ou exótica
- Recuperação: ocorre por sucessão natural
- **Restauração: retornar a condição inicial**



Evolução dos projetos de restauração

Etapa 1:

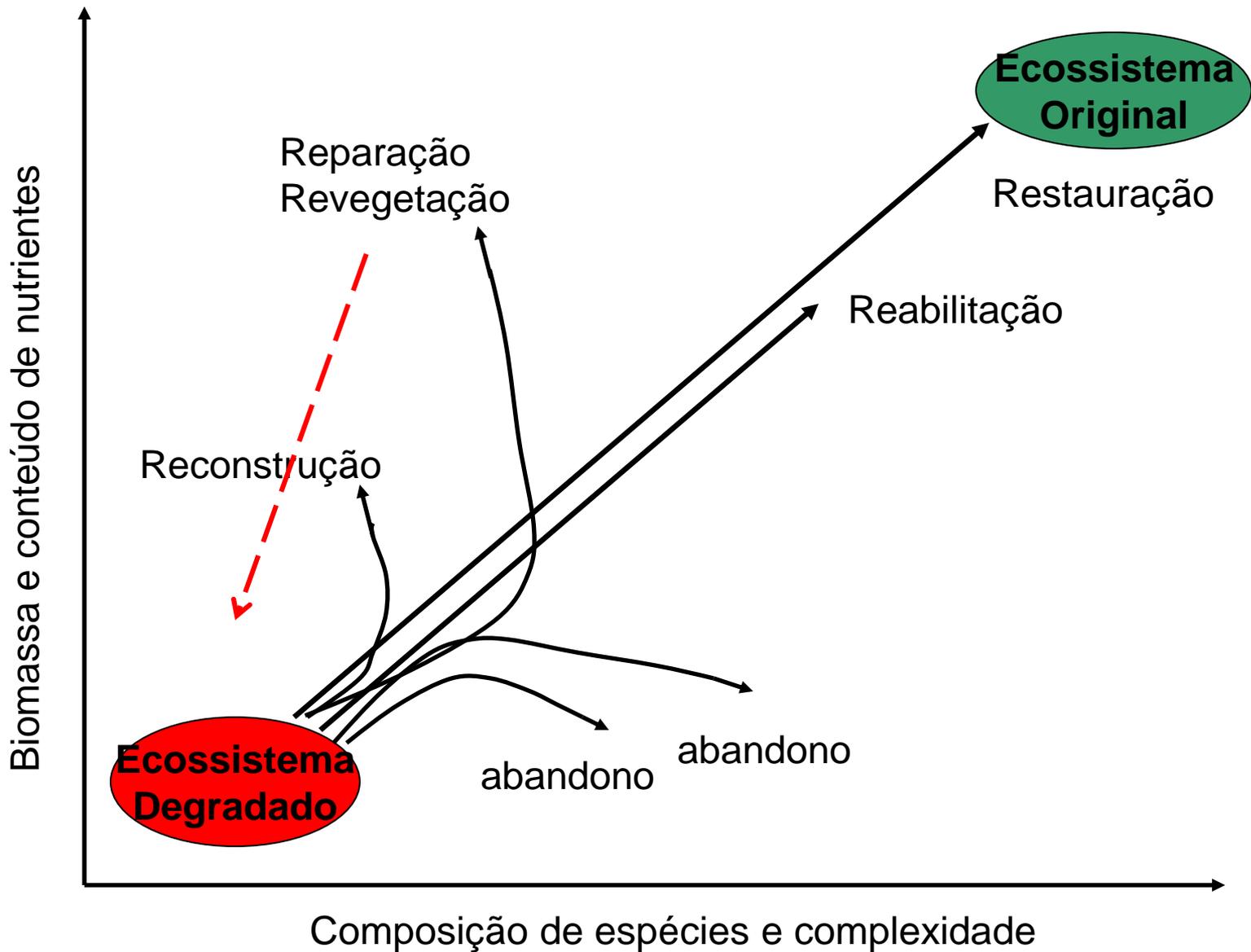
- Brasil colônia e Império – preocupação com escassez de água e preservação das matas
- 1862 – grande projeto de restauração florestal na floresta da Tijuca
- 1954 – recomposição de parte do Parque Nacional de Itatiaia
- Final da década de 1970 – reservatórios da CESP

Evolução dos projetos de restauração

Etapa 1:

Mais caracterizado pelo processo de revegetação

- Uso de espécies exóticas e nativas
- Preferência por espécies de rápido crescimento
- Preferência por espécies de crescimento lento
- Plantio de espécies distribuídas aleatoriamente



Evolução dos projetos de restauração

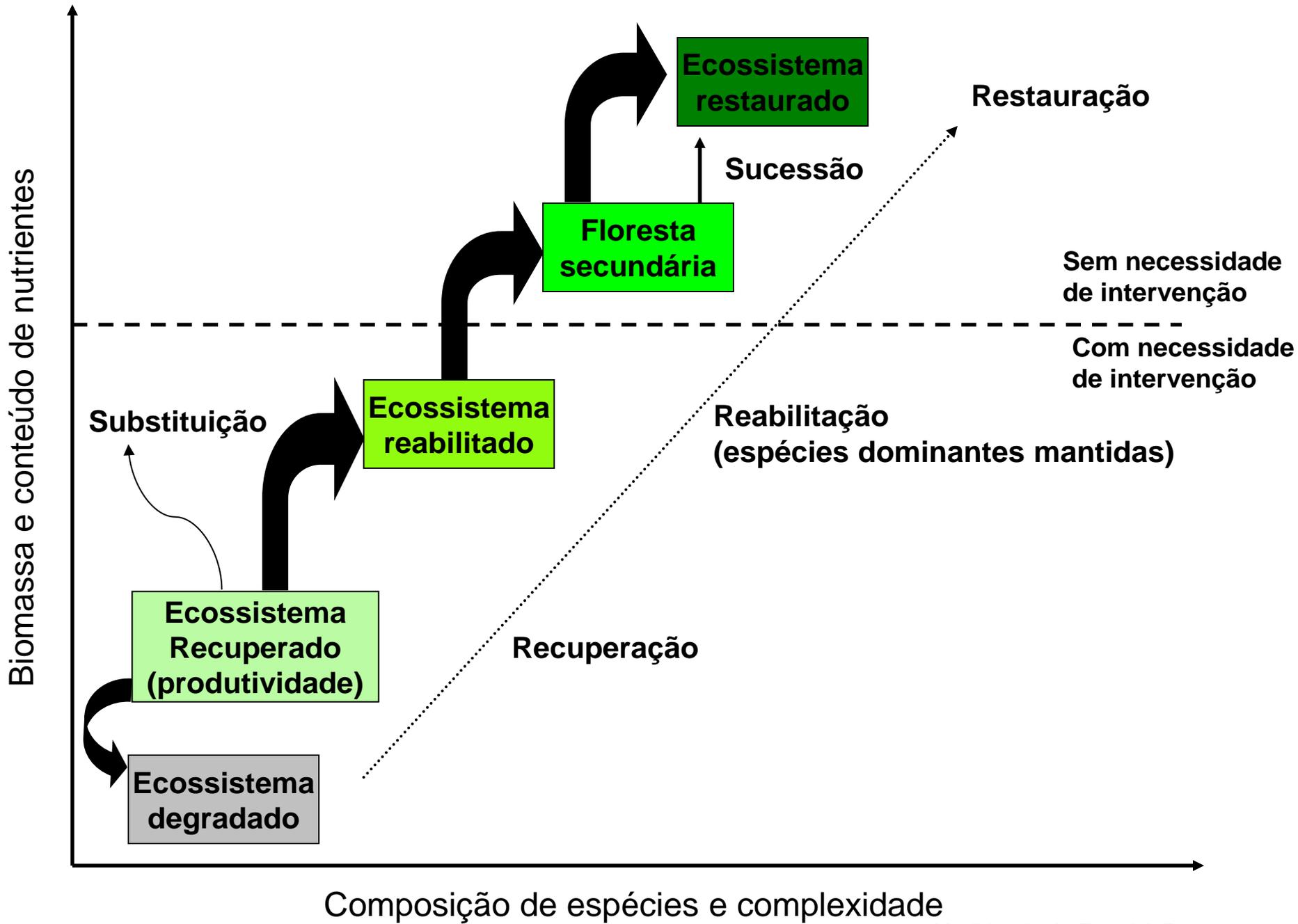
Etapa 1:

Mais caracterizado pelo processo de revegetação

- Duração das espécies pioneiras
- Desequilíbrio entre espécies
- Espécies não adaptadas às condições
- Experimentos para novas metodologias
- 1955 – 1960 Cosmópolis – plantio de 71 espécies sem espaçamento definido







A ciência, prática e arte de assistir e manejar a recuperação da integridade ecológica dos ecossistemas, incluindo um nível mínimo de biodiversidade e de variabilidade na estrutura e funcionamento dos processos ecológicos, considerando-se seus valores ecológicos, econômicos e sociais

Society for Ecological Restoration International 2006

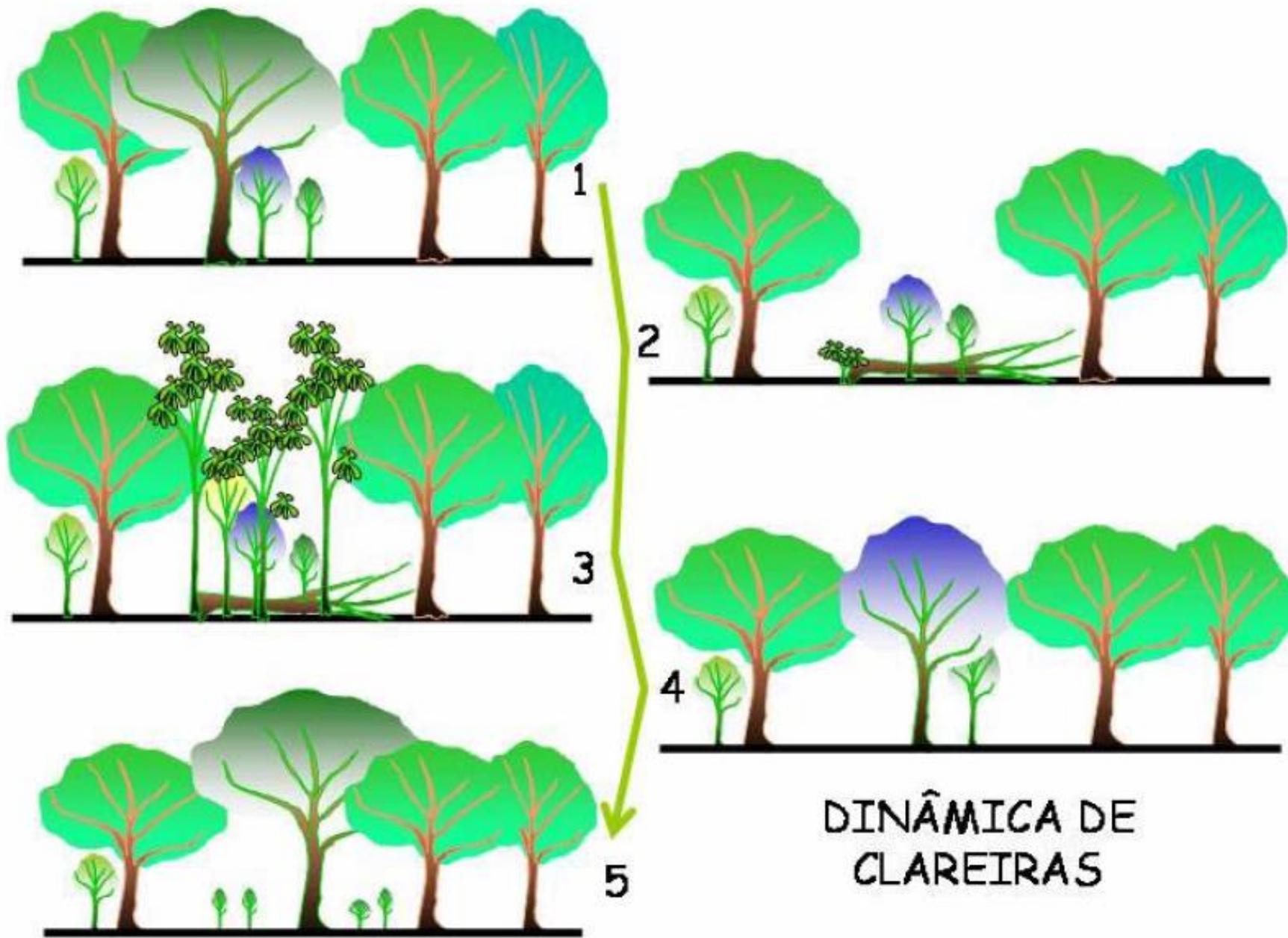
Processo que tem como objetivo recuperar a integridade ecológica e incrementar o bem estar humano em paisagens com florestas degradadas ou desmatadas

Global Partnership on Forest Landscape Restoration (Rietbergen-McCraken, Maginnis & Sarre, 2007)

Evolução dos projetos de restauração

Etapa 2: espécies nativas e sucessão ecológica

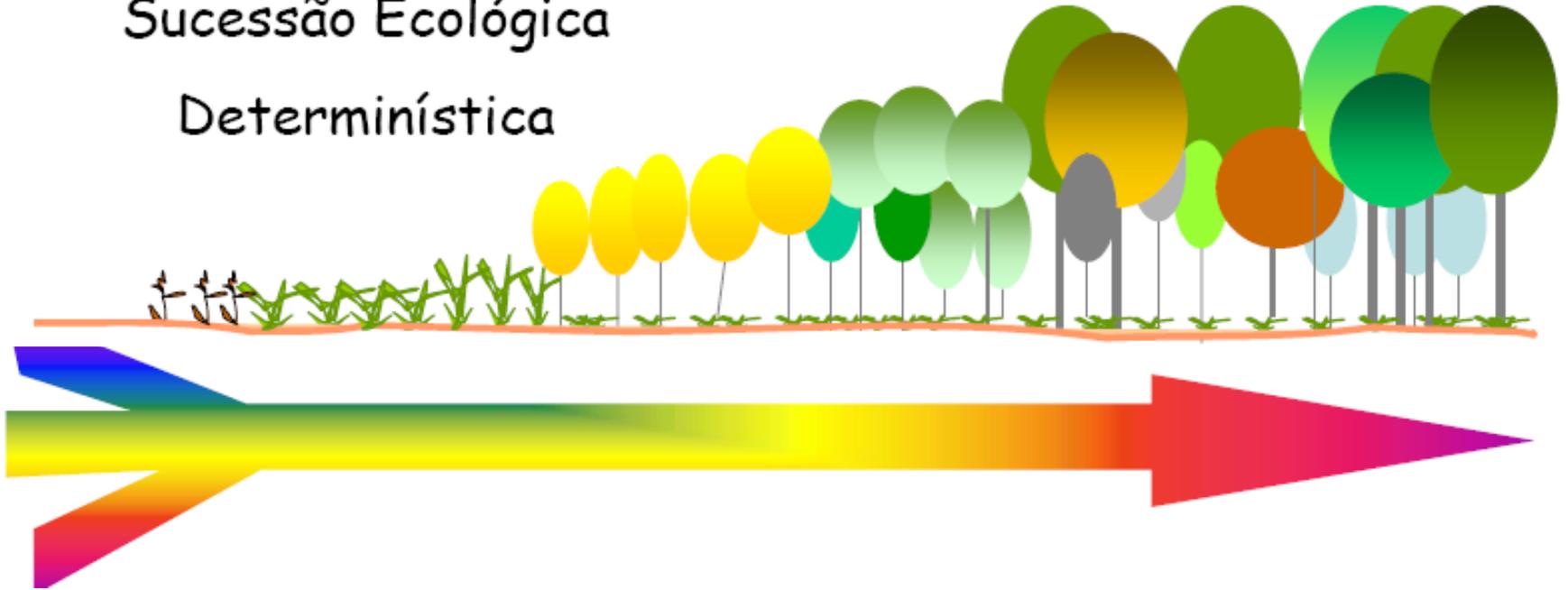
- Adoção de espécies “nativas”, mas não regionais
- Classificação das espécies em função dos grupos sucessionais: pioneiras, secundárias e tardias
- Adoção da dinâmica de clareiras como modelo a ser seguido



DINÂMICA DE CLAREIRAS

Sucessão Ecológica

Determinística



- Custos com manutenção e tempo para formação
- Alta porcentagem de espécies pioneiras
- Baixa diversidade de espécies

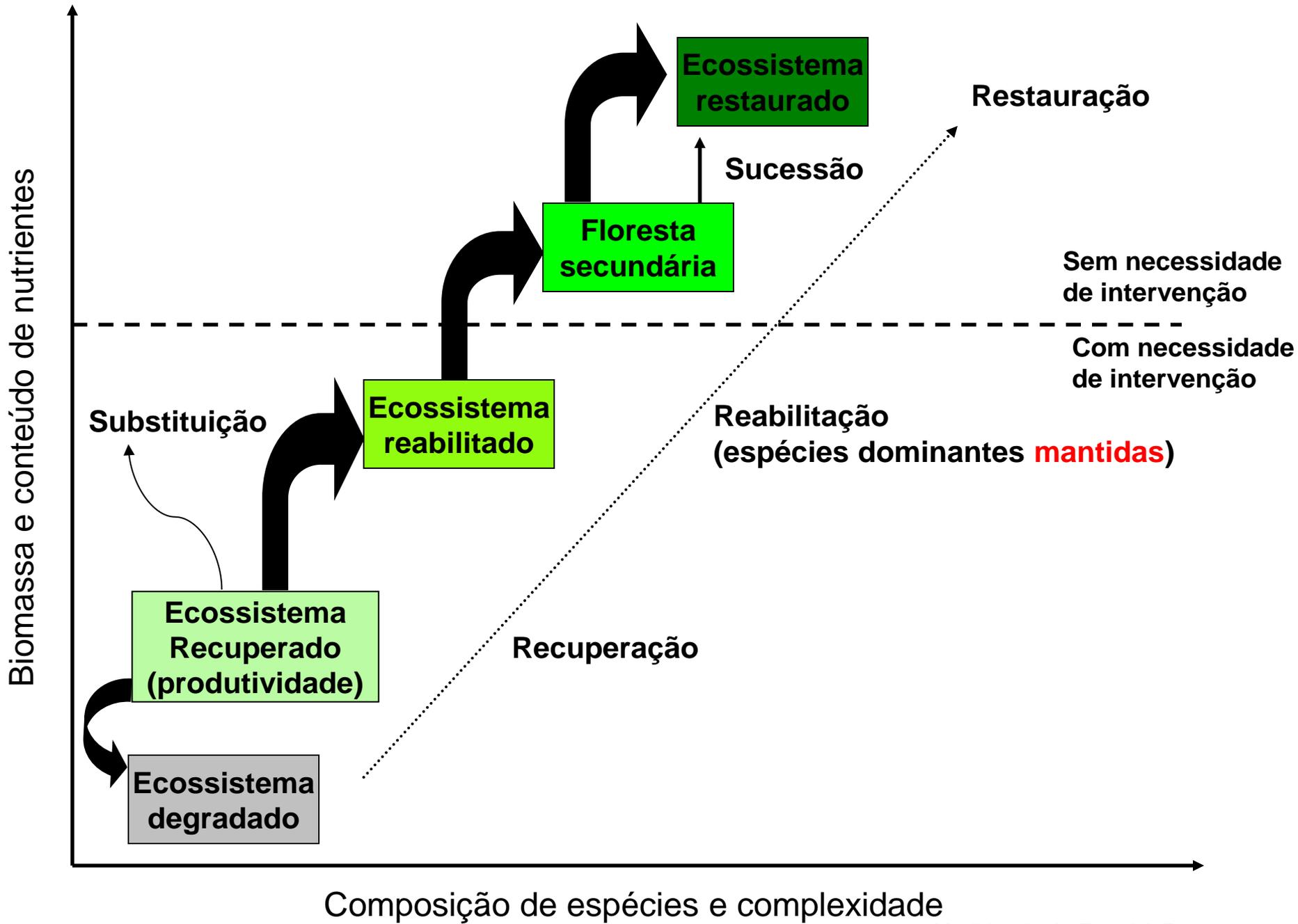
Evolução dos projetos de restauração

Etapa 2: espécies nativas e sucessão ecológica

- Plantio em linhas pioneiras e secundárias
- Morte das espécies pioneiras
- Banco de sementes dominado por gramíneas invasoras
- Ausência de plântulas
- Retorno ao estado inicial

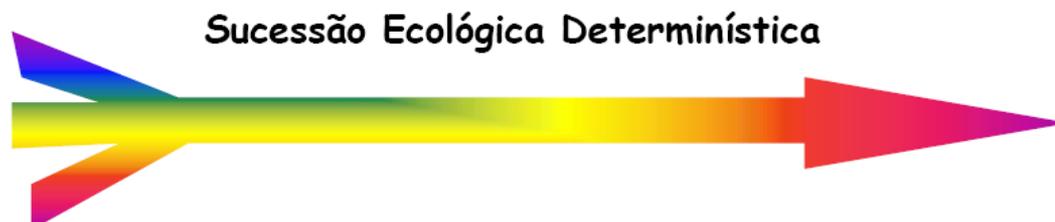
Área Restaurada com 8 anos



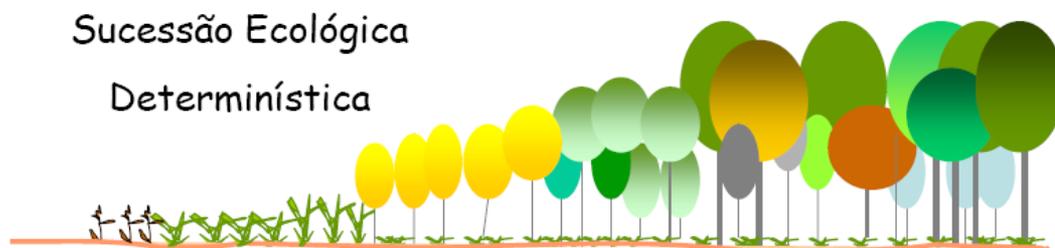


Evolução dos projetos de restauração

Etapa 3: modelo de floresta madura



- Uso de grande diversidade florística
- Cópia do modelo para restauração dos processos

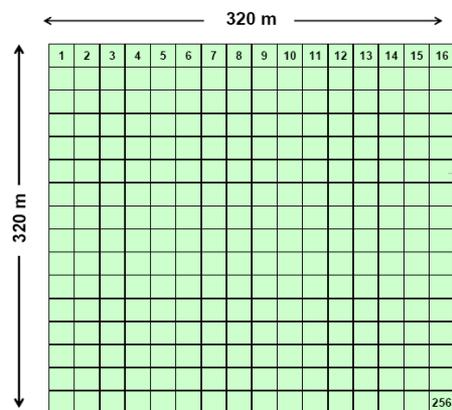


Savana Florestada (Cerradão)
E.Ec. Assis
Assis - SP

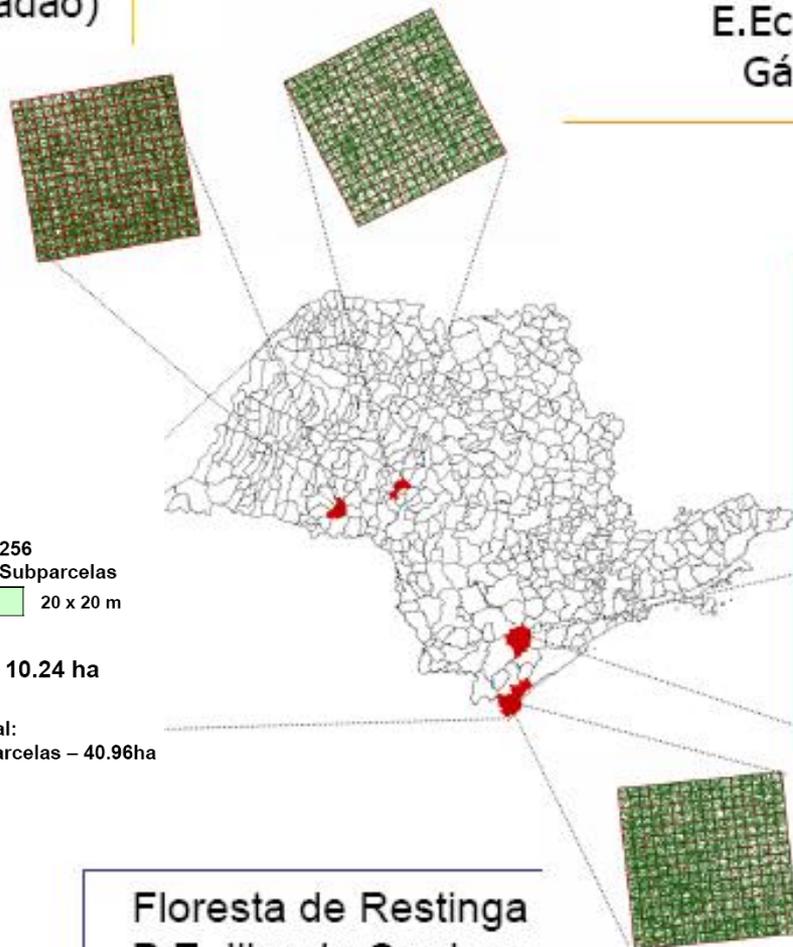
Floresta Estacional Semidecidual
E.Ec. Caetetus
Gália - SP

Floresta Ombrofila Densa de
Encosta
P.E. Carlos Botelho
Sete Barras-SP

Floresta de Restinga
P.E. Ilha do Cardoso
Cananéia - SP



256
Subparcelas
20 x 20 m
10.24 ha
Total:
4 Parcelas – 40.96ha



Lev. Florístico de Remanescentes Conservados

Esp. Arbustivo-Arbóreas

Lev. Fitossociológico

Da/Dr

Fa/Fr

IVI

Grupos Sucessionais

P Si

Cl

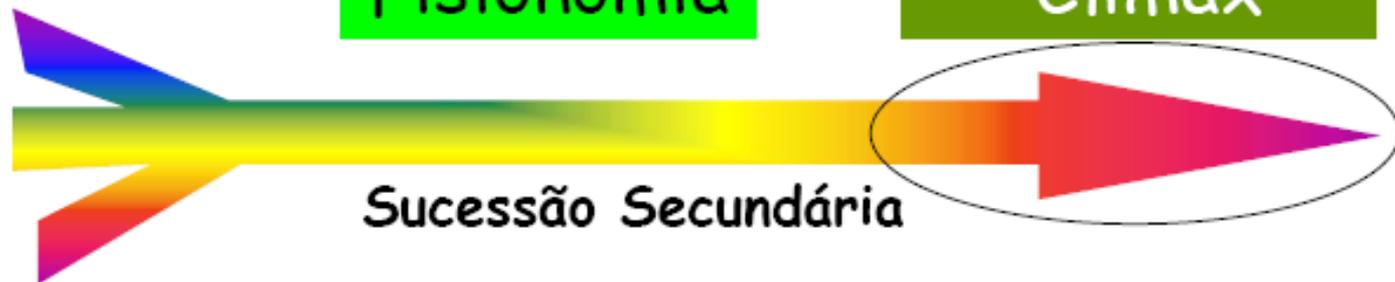
PLANTIO
de
MUDAS



Cobertura
Fisionomia

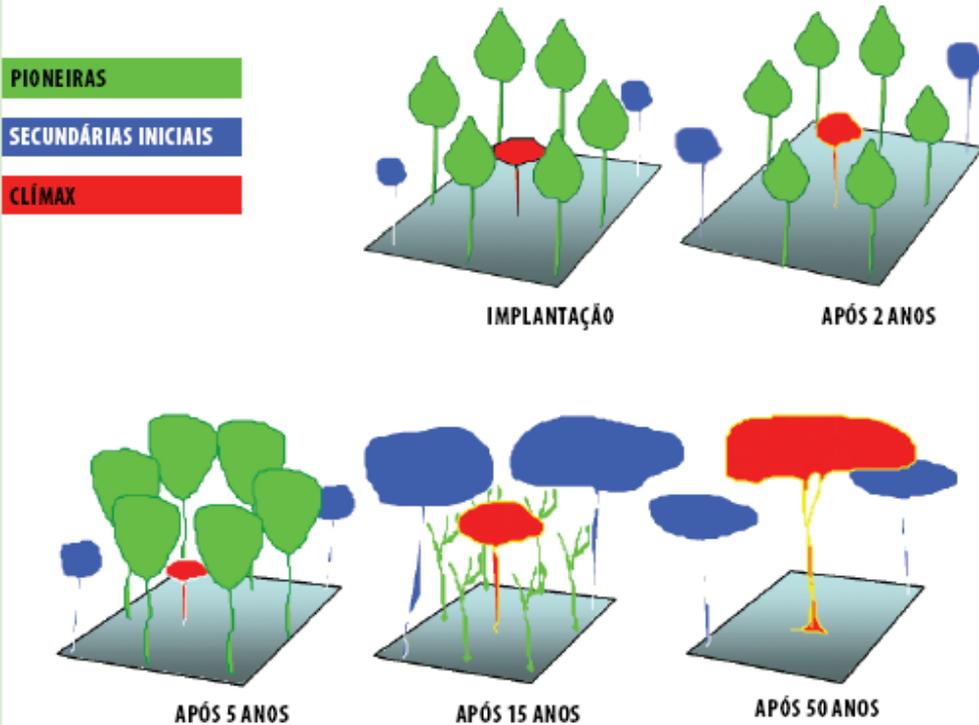
Comunidade
Clímax

Sucessão Secundária



Plantio de mudas é a única alternativa

Evolução dos módulos ao longo do tempo



Número e composição dos módulos baseado em parâmetros fitossociológicos

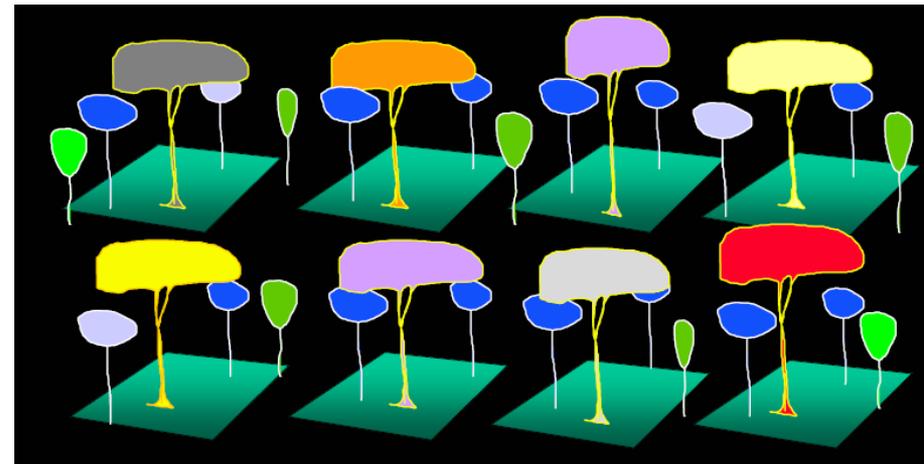


Figura 1.7: Esquema ilustrativo da organização dos módulos de plantio de espécies nativas e do processo de substituição gradual dessas espécies no tempo esperado, culminando na formação de uma floresta em clímax.

Plantio de mudas é a única alternativa

Evolução dos módulos ao longo do tempo

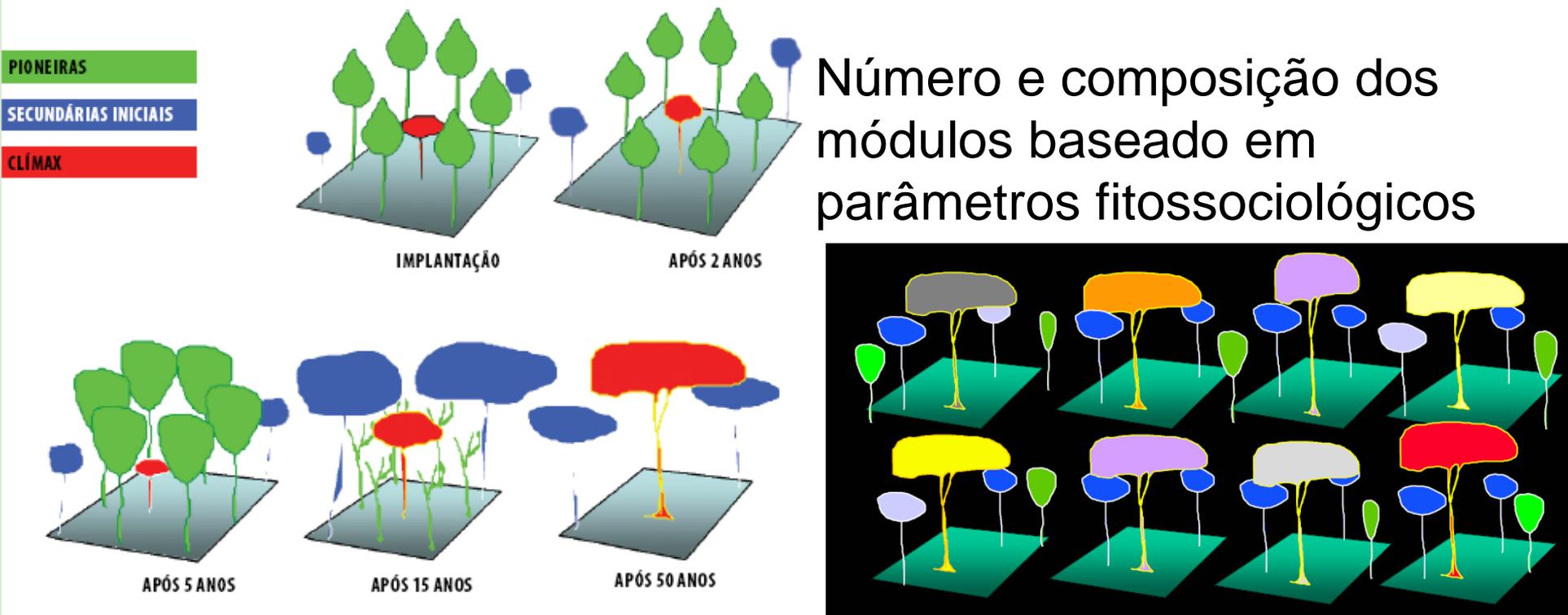


Figura 1.7: Esquema ilustrativo da organização dos módulos de plantio de espécies nativas e do processo de substituição gradual dessas espécies no tempo esperado, culminando na formação de uma floresta em clímax.

Custos e implementação inviáveis
Evolução dos módulos é imprevisível

Evolução dos projetos de restauração

Etapa 4: restauração dos processos ecológicos

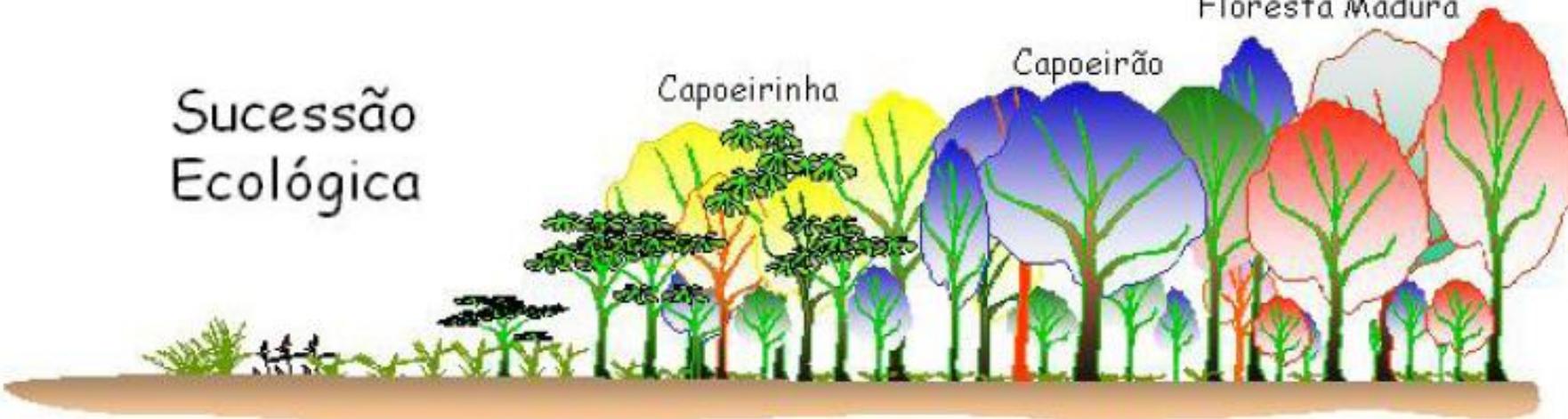
- Florestas são sistemas abertos
- Processo de sucessão apresenta diferentes direções
- Compreensão da dinâmica das populações e comunidades

Sucessão Ecológica

Capoeirinha

Capoeirão

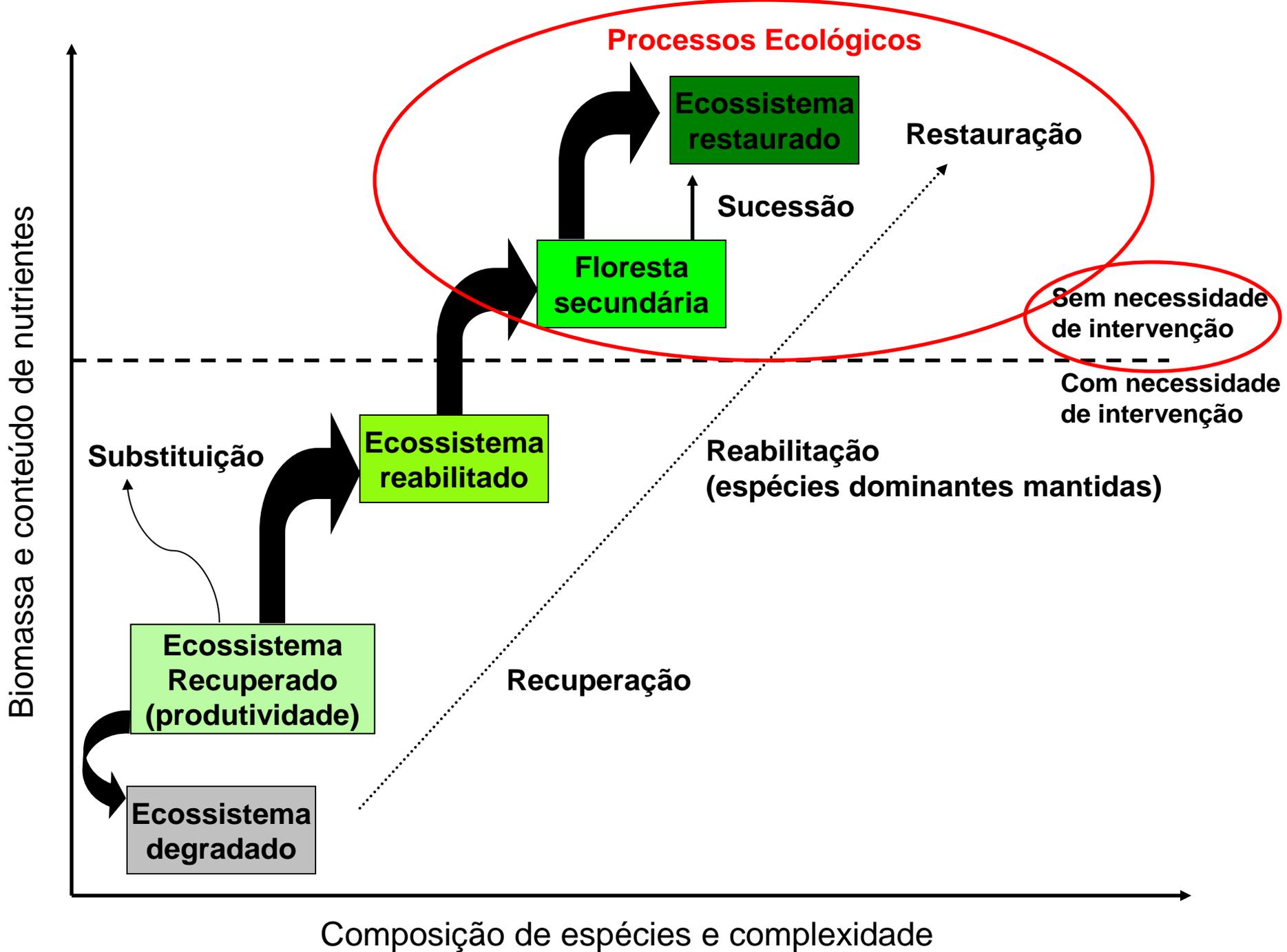
Floresta Madura



Visão Contemporânea

1. Diferente trajetórias e
2. Diferentes Comunidades Finais
3. Baixa Previsibilidade





Lev. Florístico Regional (bem e mal conservados)

Biologia das Espécies

Grupos Sucessionais

Grupos de Plantio

Esp. Arbustivo-Arbóreas

P Si

P Si
Cl

Preenchimento

Diversidade

Cobertura
Fisionomia

Processo
Sucessional

Objetivo da
Restauração

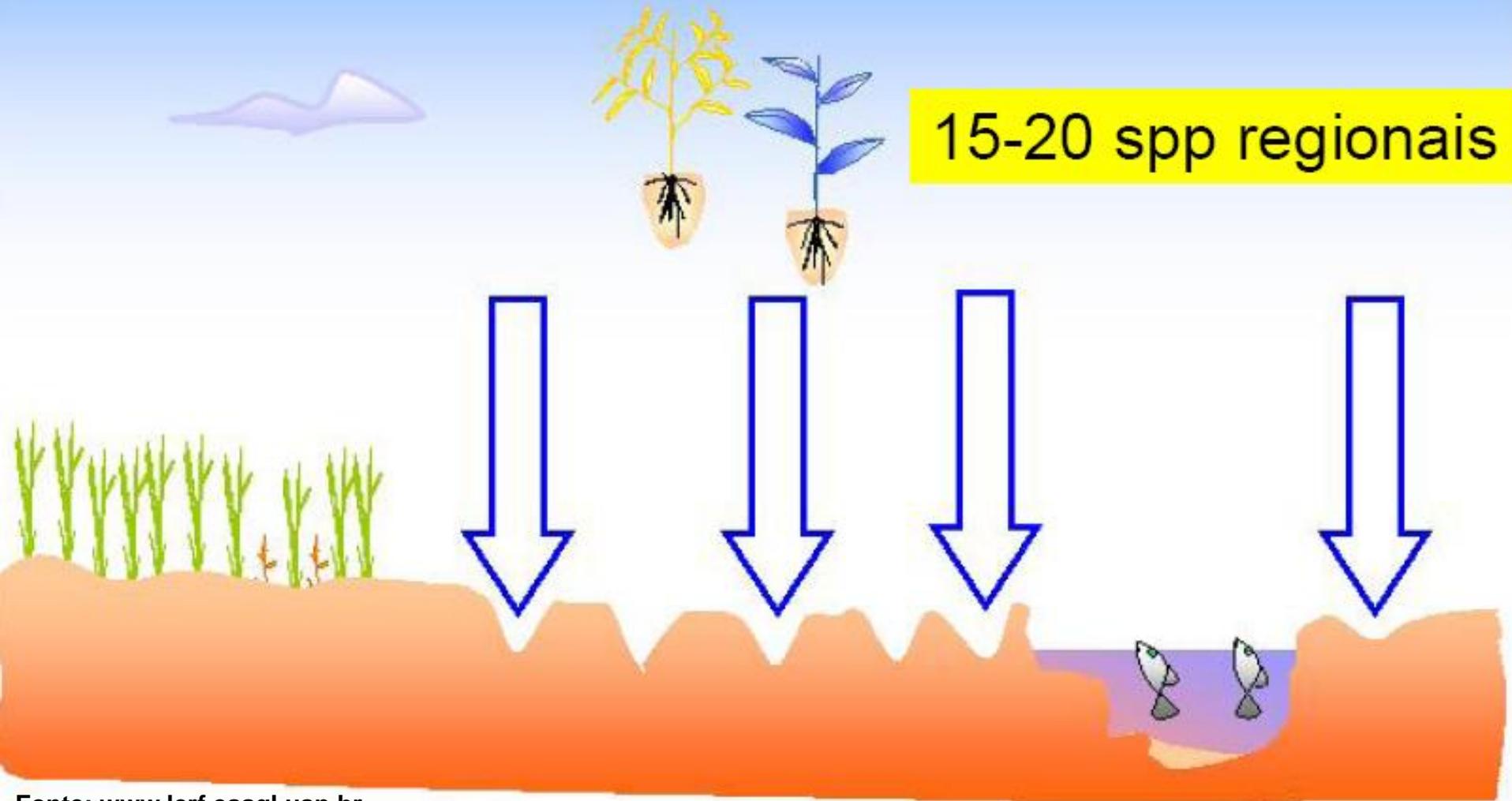
Processos

Sucessão Estocástica

LINHAS DE PREENCHIMENTO

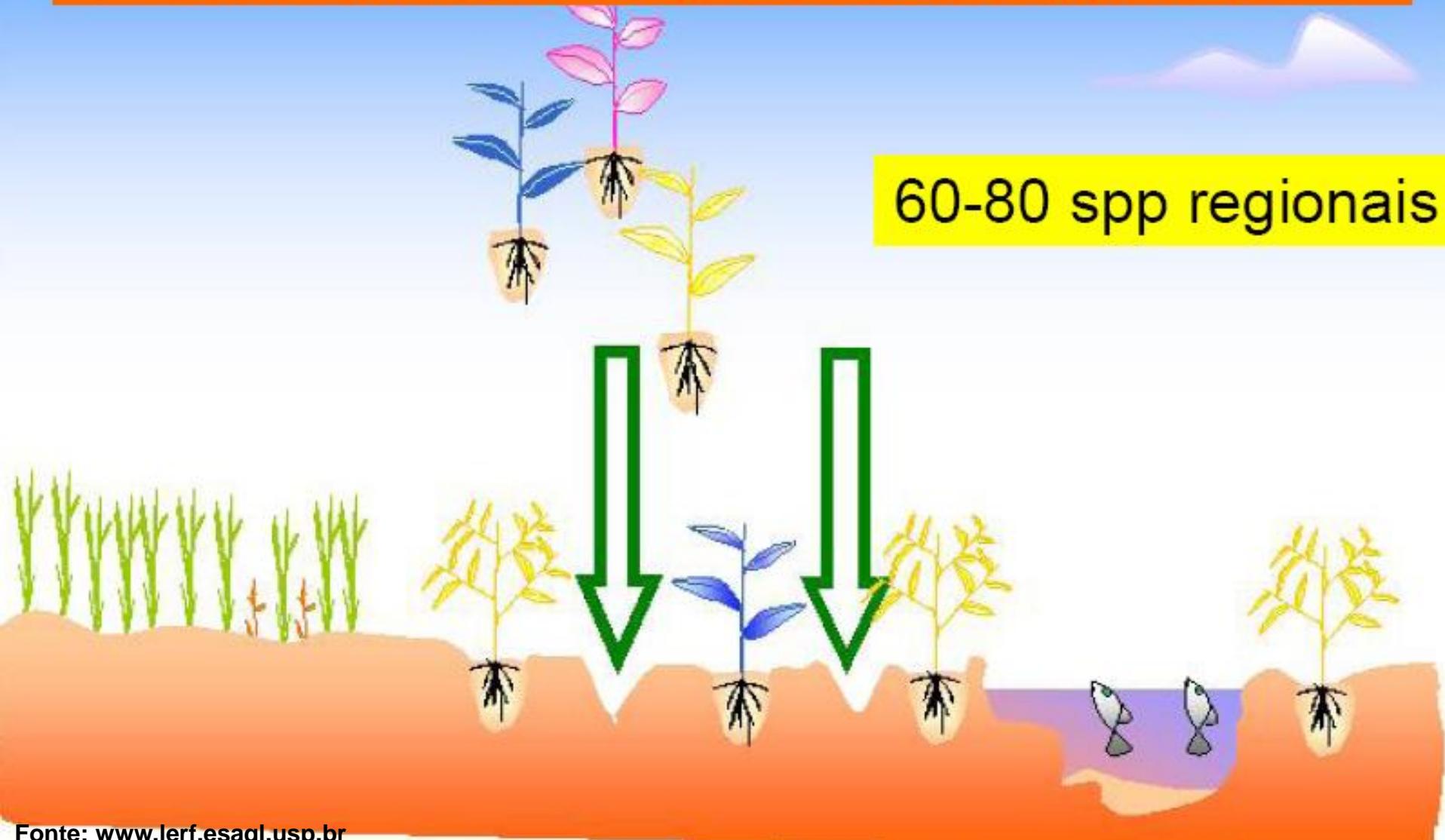
Espécies que apresentam obrigatoriamente as duas características:

BOM CRESCIMENTO E BOA COBERTURA



LINHAS DE DIVERSIDADE

Espécies que não apresentam essas características:
CRESCIMENTO LENTO E/OU COBERTURA RUIM



60-80 spp regionais

Plantio de Mudas (juvenis)

Linhas de Preenchimento

Linha de Diversidade

6 meses pós plantio



1 ano (10/04/02)

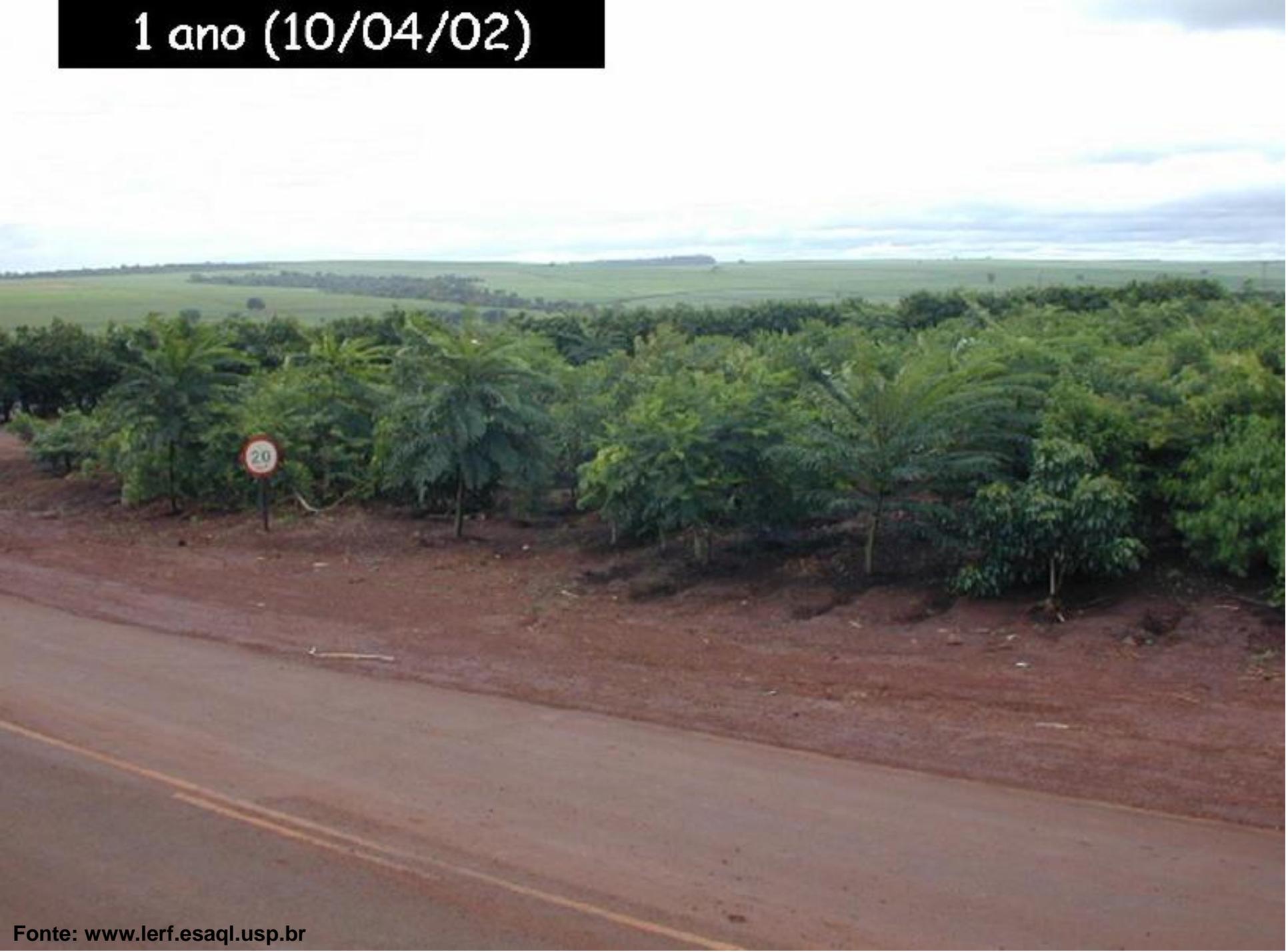


Foto 04/2004 - 3 Anos

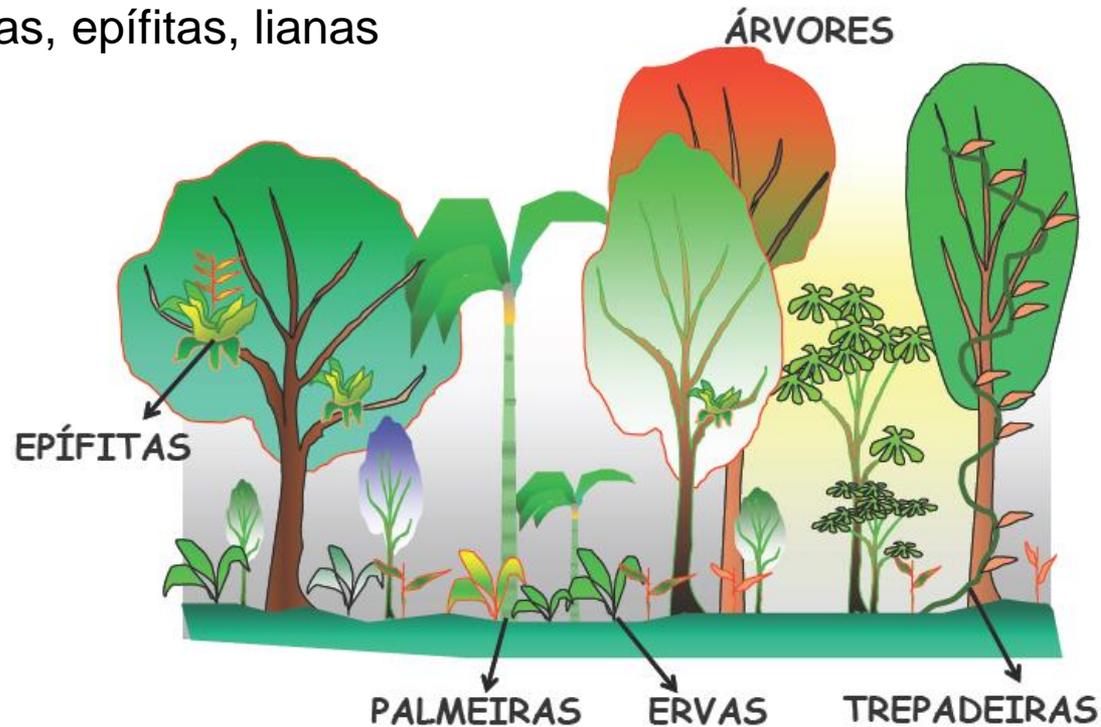




Evolução dos projetos de restauração

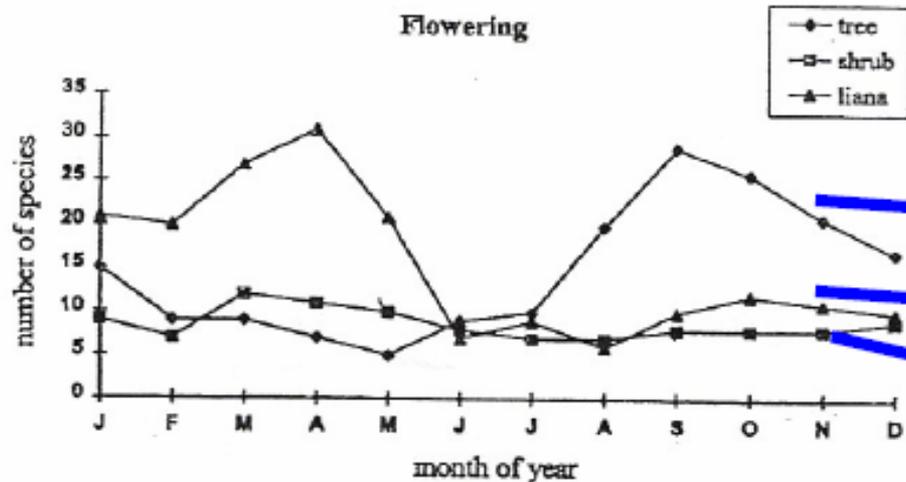
Novos desafios: inclusão de outras formas de vida e grupos funcionais

- Ineficiência da restauração apenas com espécies arbóreas para conservação de biodiversidade
Áreas ripárias X áreas distantes dos rios (Munro et al 2009)
- Herbáceas, epífitas, lianas



- Representam mais de 50% das espécies

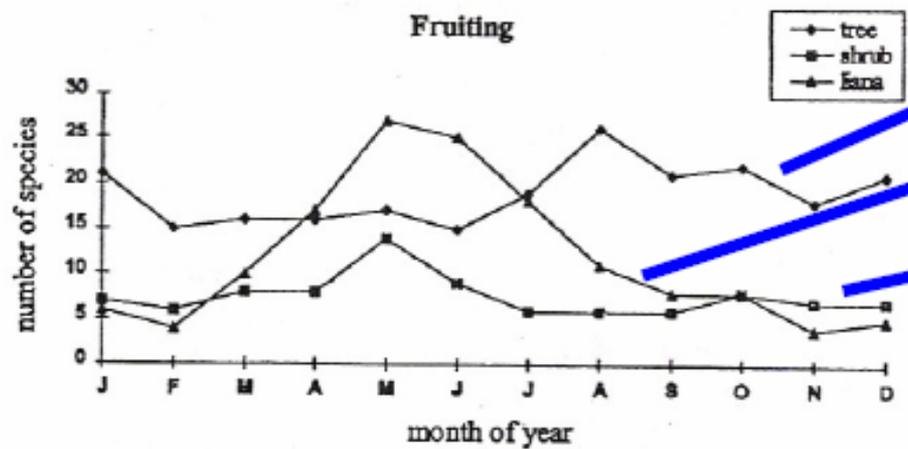




Árvores

Lianas

Arbustos



Árvores

Lianas

Arbustos

Fig. 3. Flowering and fruiting phenology of the trees, shrubs, and lianas species were observed from April 1993 to December 1995.

Fonte: www.lerf.esaql.usp.br

OFERTA DE RECURSOS

FLORES e FRUTOS

Taroda et al 2006 (FES)

Adoção de novas estratégias de restauração

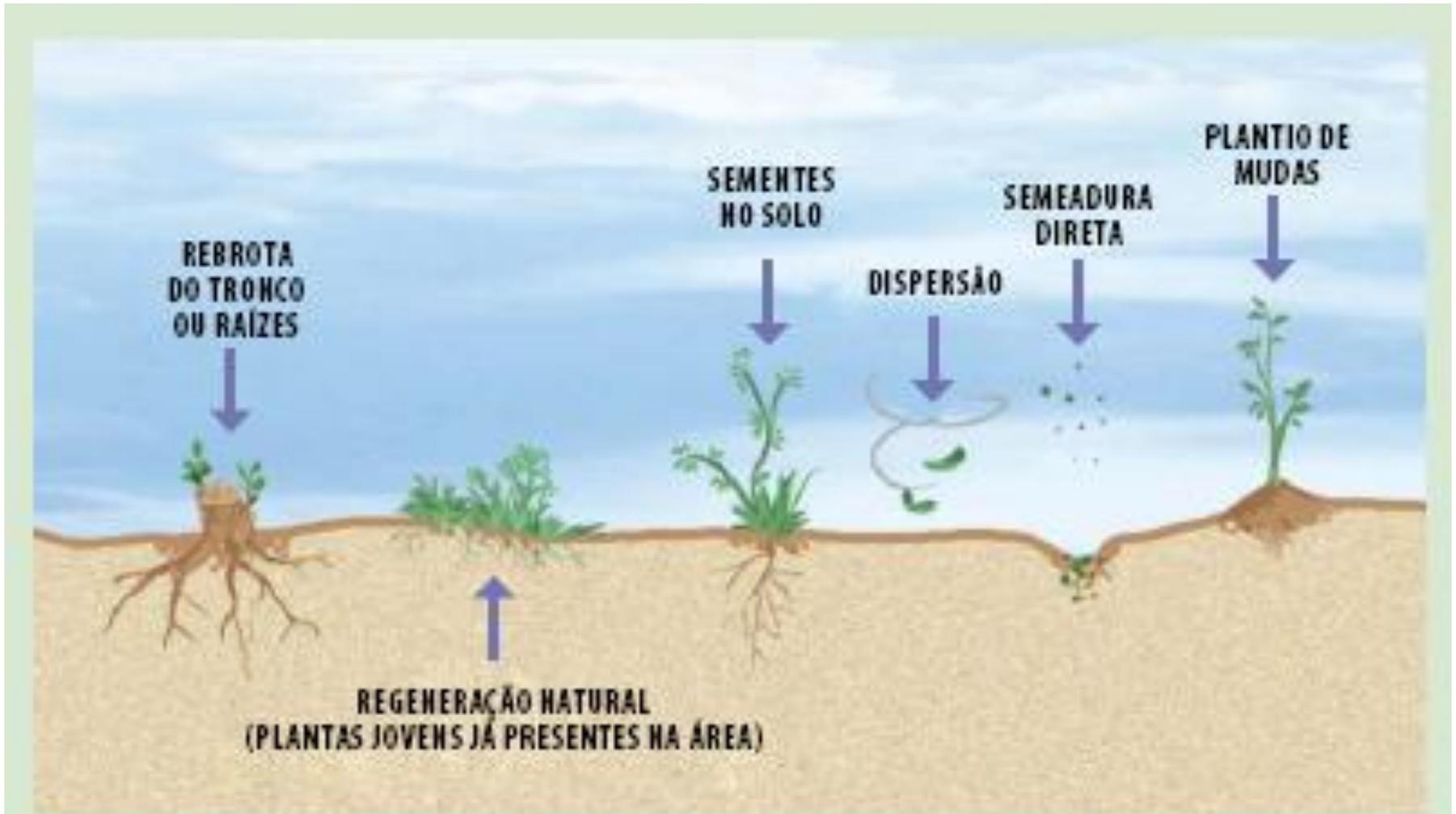


Figura 1.10: Possíveis métodos para restauração ecológica, desde aproveitamento do potencial de regeneração local, passando por monitoramento da chegada de propágulos até o plantio de mudas (em casos onde não houve expressão da regeneração natural) (extraído de LERP, 2008).

Restauração usando serrapilheira (mantillo) aloctone



5º Mês Pós Inoculação- Mai/06



25º MPI- Jan/07

Semeadura direta



Semeadura Direta
Spp preenchimento

14 meses após semeadura



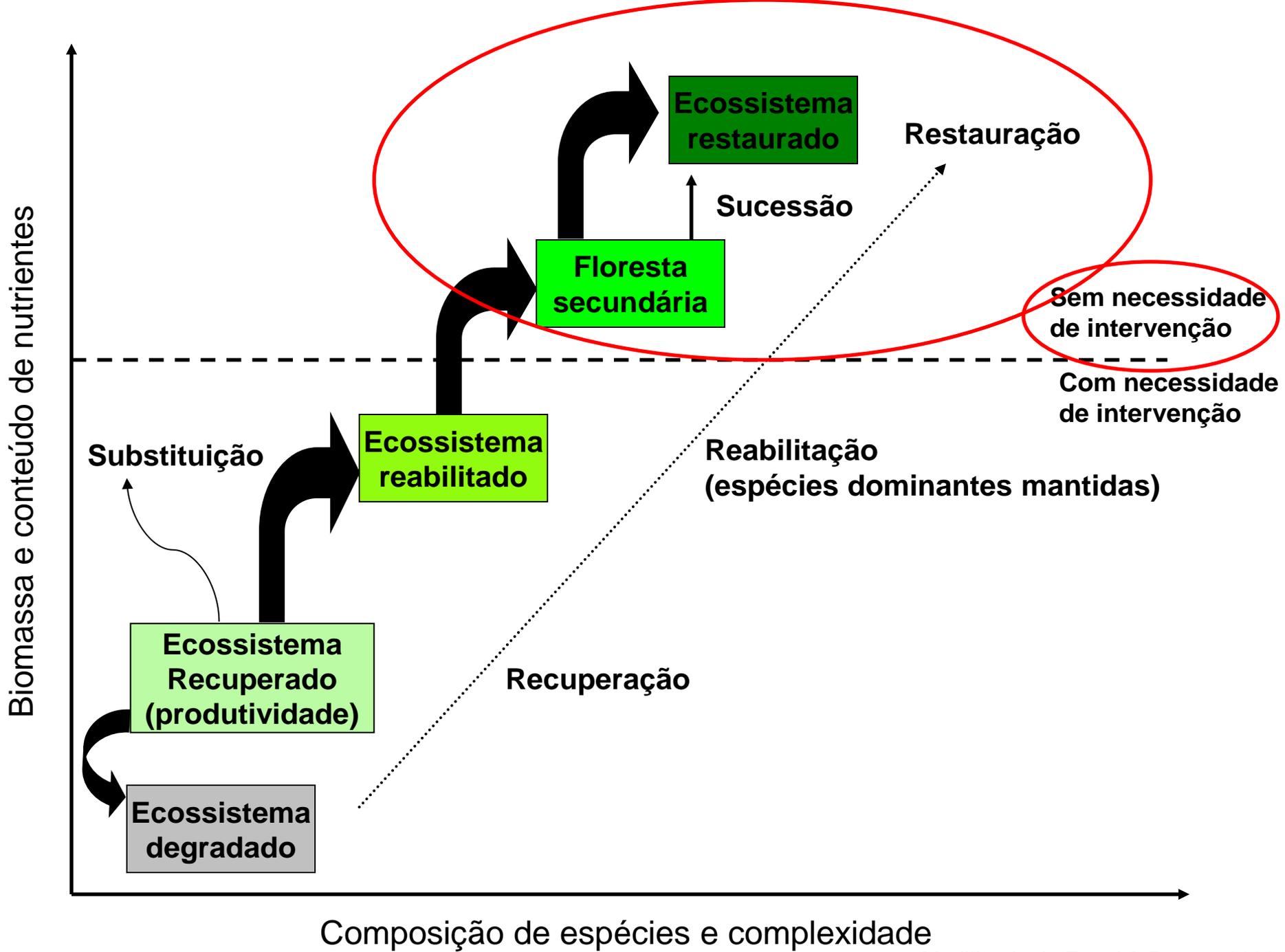
Evolução dos projetos de restauração

Novos desafios: inclusão de outras formas de vida e grupos funcionais com uma visão ecossistêmica

- Uso de espécies atrativas de fauna – visitação de dispersores
- Poleiros artificiais ou naturais
- Uso de banco de sementes alóctone, serrapilheira ou solo
- Resgate de plântulas e outras formas de vida

Fatores importantes para o planejamento da restauração





Metas e Objetivos da restauração

Retorno do ecossistema a sua “situação original”

X

Como desejamos o ecossistema no futuro?

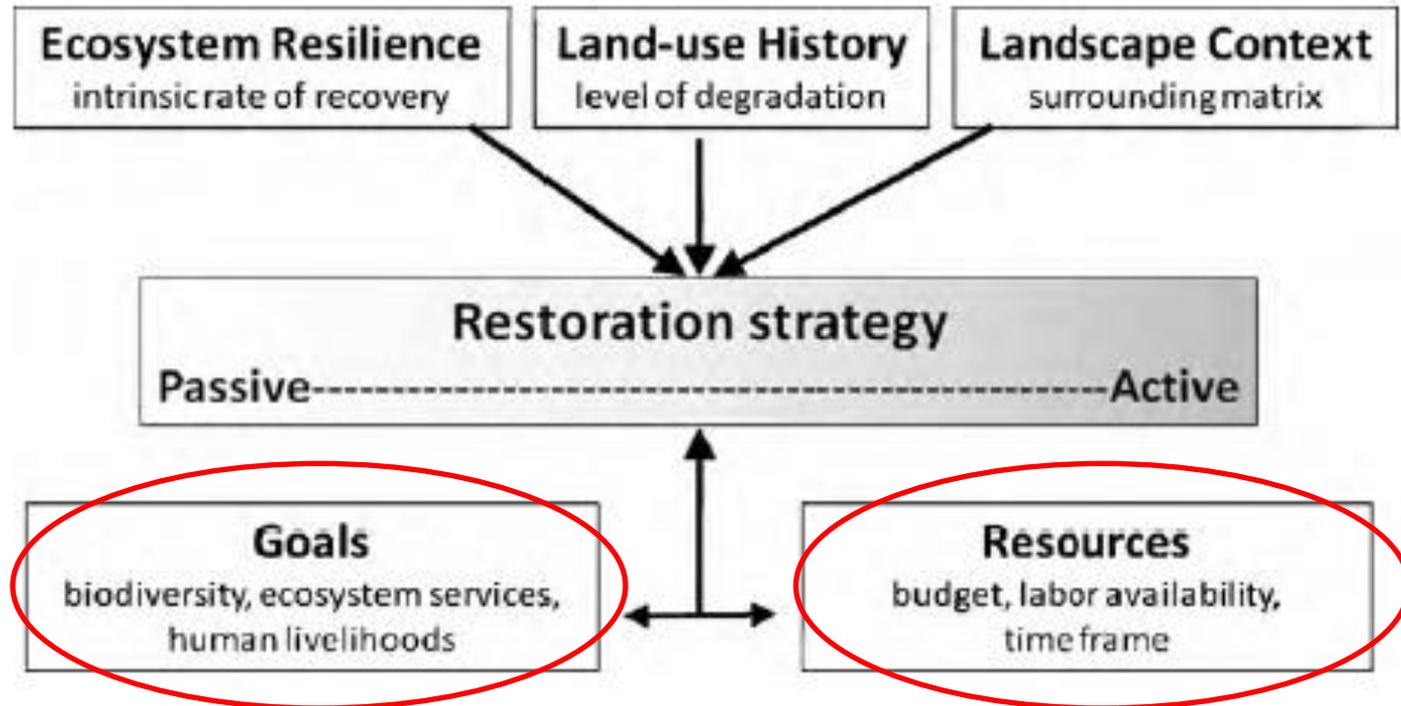
Metas viáveis do ponto de vista técnico e econômico

Curto prazo

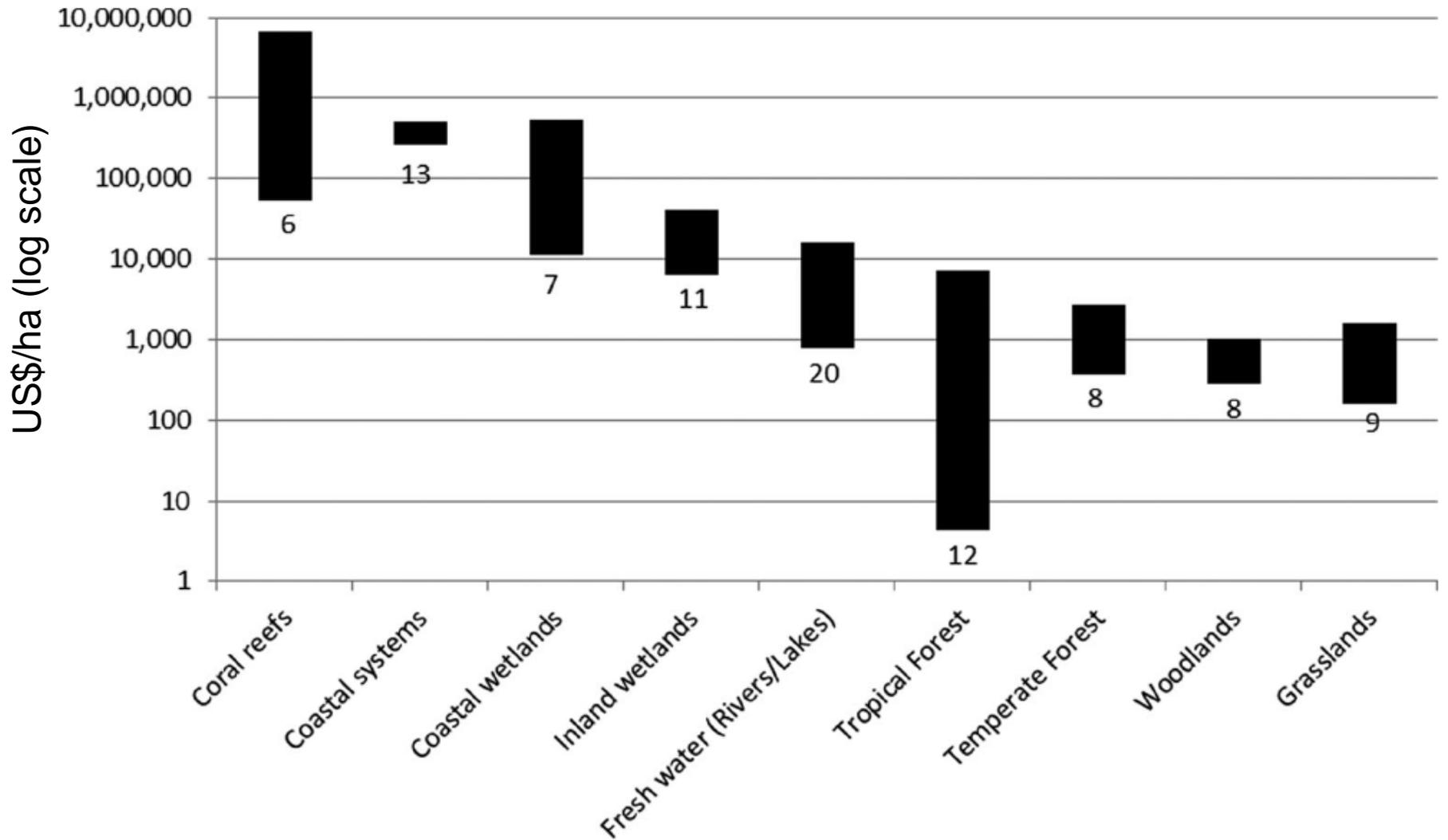
Médio prazo

Longo prazo

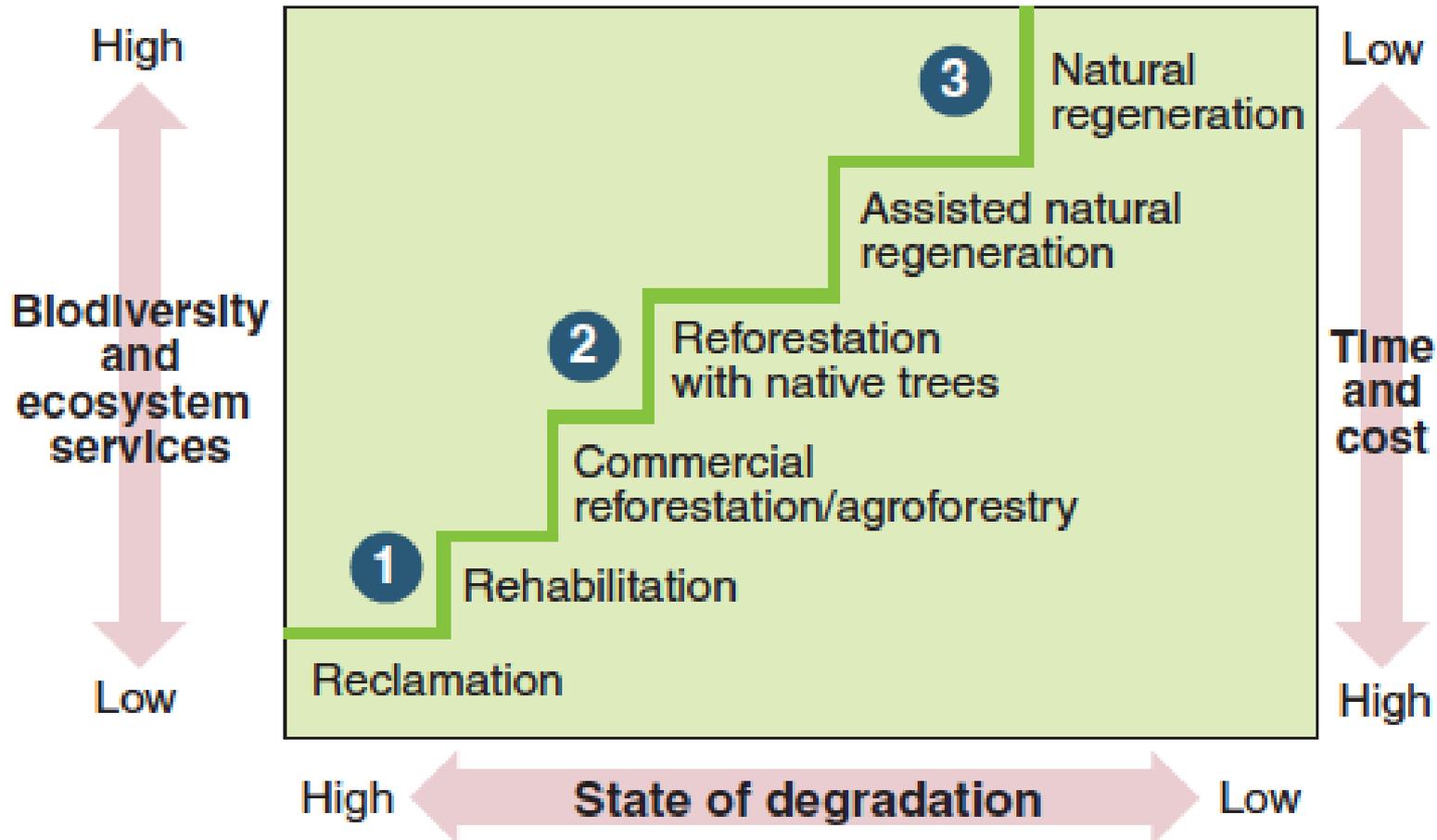
Fatores importantes para o planejamento da restauração



Custo estimado da restauração US\$/ha



Metas e Objetivos da restauração



Metas e Objetivos da restauração

Retorno do ecossistema a sua “situação original”

X

Como desejamos o ecossistema no futuro?

Metas viáveis do ponto de vista técnico e econômico

Curto prazo

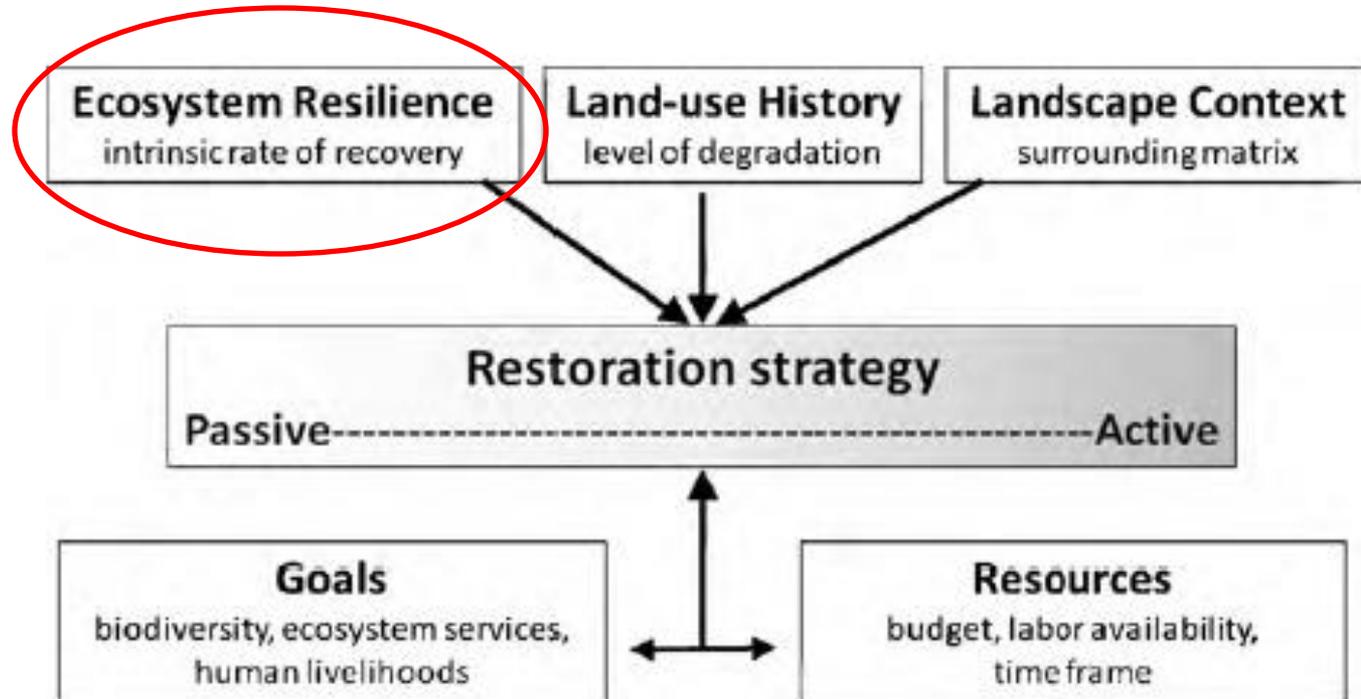
Médio prazo

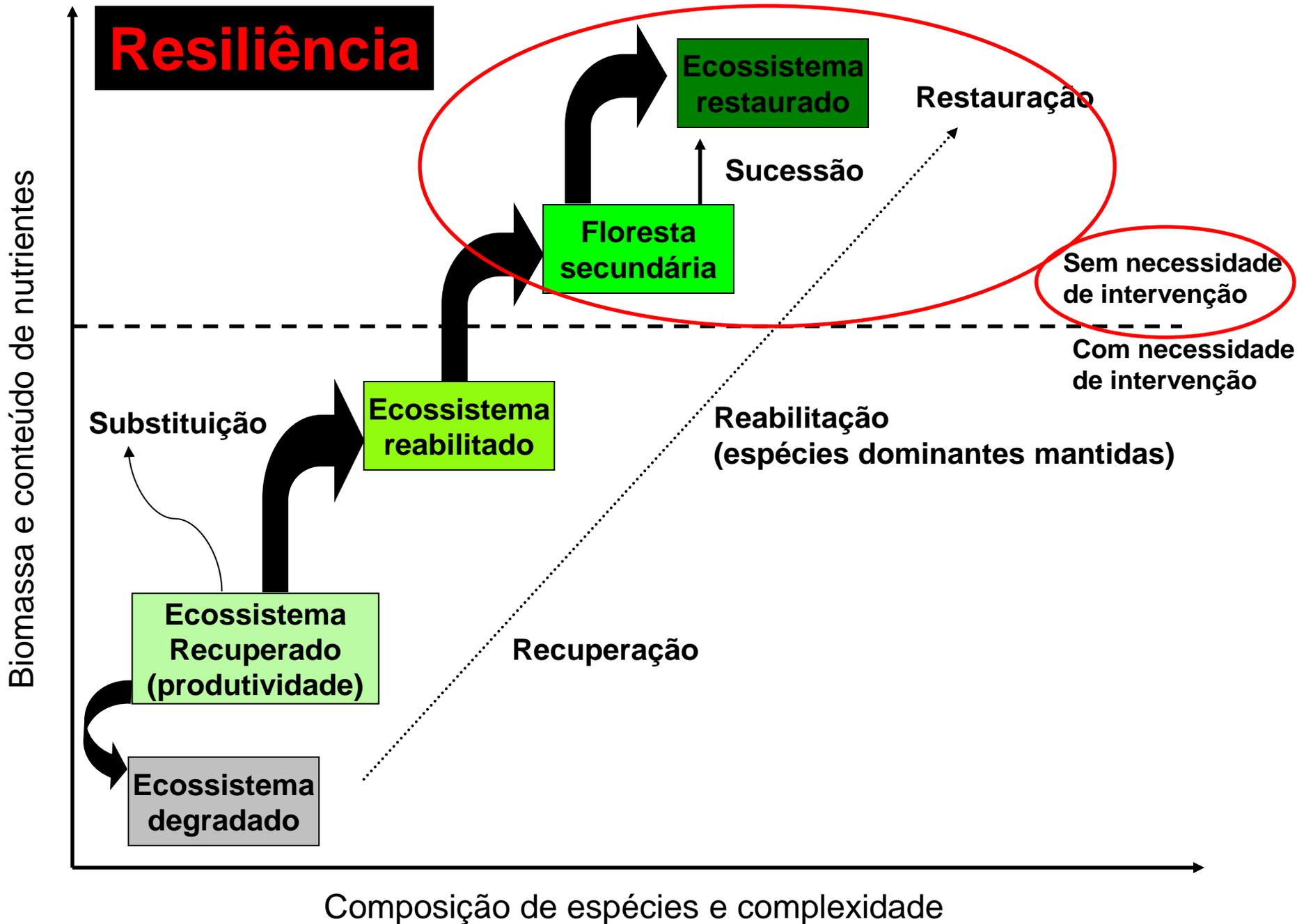
Longo prazo

**Menos de 50% dos projetos
apresentam objetivos
claramente definidos**

**Menos de 50% faz avaliações
quantitativas do sucesso dos
projetos**

Fatores importantes para o planejamento da restauração





Resiliência

- **Resiliência (wwf.org.br):** é a capacidade de um ecossistema de se recuperar e retomar as mesmas funções após um determinado impacto (seca, enchente, fogo, desmatamento etc.).
- **Resiliência Ecológica (Suding 2011):** Capacidade de um sistema de absorver um distúrbio e se reorganizar, mantendo funções estrutura e feedbacks similares
- **Resiliência do ecossistema** é o grau e o ritmo com o qual um ecossistema recupera as funções e a estrutura inicial após um distúrbio (Holl & Aide 2011)
- Definição de resiliência da engenharia: a taxa ou velocidade com a qual um ecossistema retorna a seu estado original após uma perturbação



Resiliência

- **Resiliência (wwf.org.br):** é a capacidade de um ecossistema de se recuperar e retomar as mesmas funções após um determinado impacto (seca, enchente, fogo, desmatamento etc.).
- **Resiliência Ecológica (Suding 2011):** Capacidade de um sistema de absorver um distúrbio e se reorganizar, mantendo funções estrutura e feedbacks similares
- **Resiliência do ecossistema** é o grau e o ritmo com o qual um ecossistema recupera as funções e a estrutura inicial após um distúrbio (Holl & Aide 2011)

O ecossistema permanece em **um** domínio de estabilidade ou possui **um** único ponto de equilíbrio



Resiliência

- **Resiliência ecológica (Peterson *et al.* 1998):** descreve a quantidade de mudança ou perturbação necessária **para transformar o sistema** que era mantido por um determinado conjunto de processos e estruturas para um **conjunto diferente de processos e estruturas**
- Gunderson 2000: resiliência é a magnitude de perturbação que pode ser absorvida por um sistema **antes de alterar sua estrutura** (mudanças nos processos que controlam seu funcionamento).

Resiliência

- O ecossistema pode ser expresso como **2 ou mais estados alternativos** e pode ocorrer a **transição de um estado para outro** através de mudança nas estruturas e processos do ecossistema

No contexto da restauração:

- Retorno a um estado restaurado após uma perturbação (degradação)
- Retorno a um estado degradado após a perturbação (ações de restauração).

Resiliência



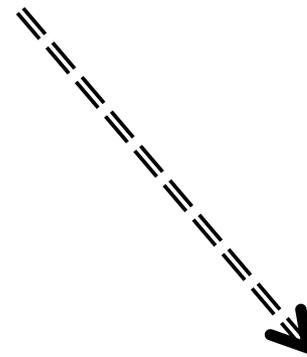
Resiliência



Resiliência



Resiliência



Invasão por
Urochloa



Resiliência



Invasão por *Urochloa*



Nova visão de sistema degradado

Os sistemas degradados passam a ser vistos como estados alternativos do sistema

- Novo sistema em equilíbrio
- Dinâmica completamente diferente do sistema original
- Mecanismos de feedback que mantêm o estado alterado e limitam as ações de restauração
- Alta resiliência às ações de restauração

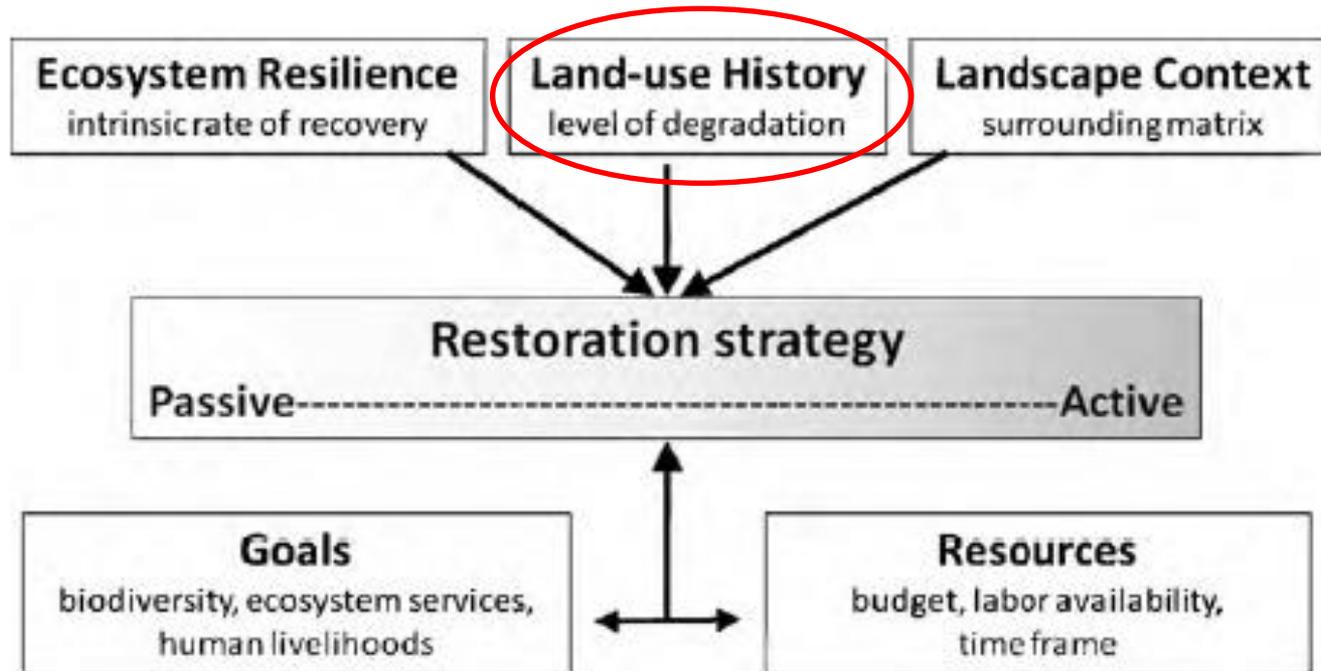
Resiliência



Invasão por *Urochloa*



Fatores importantes para o planejamento da restauração



Histórico de uso



Histórico de uso



Histórico de uso



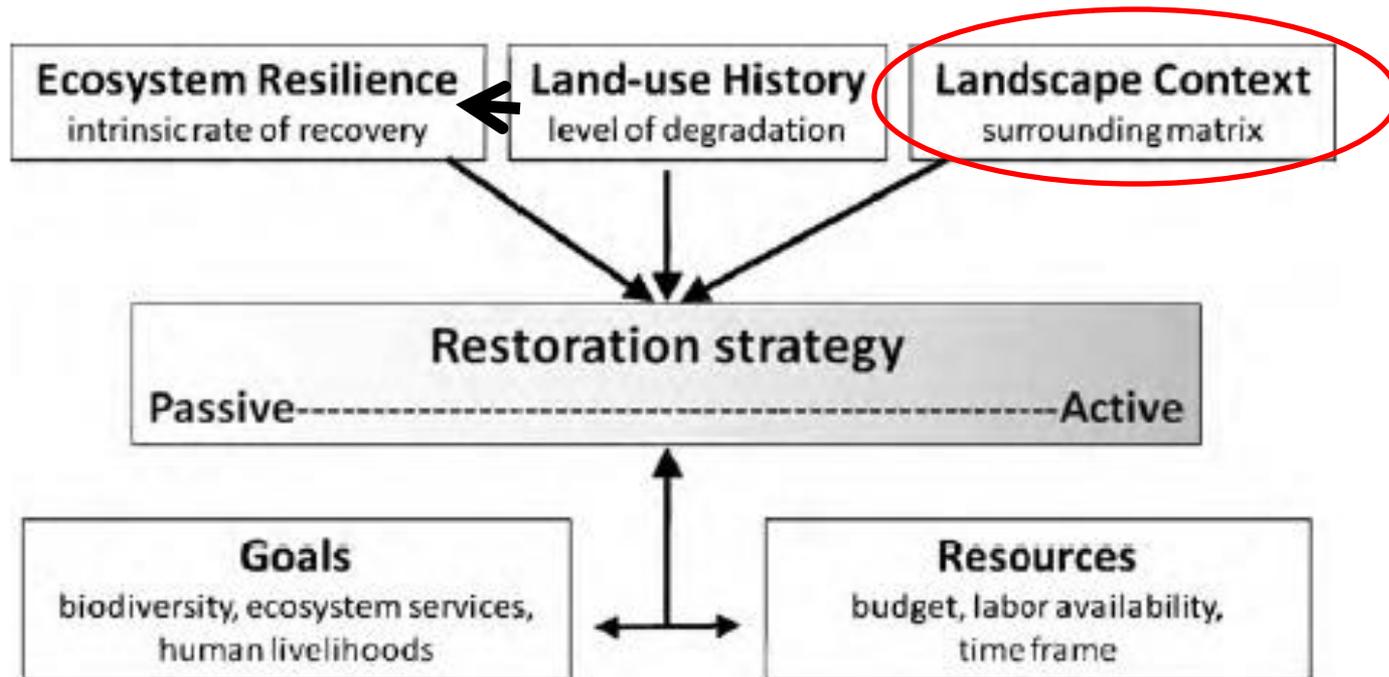
Histórico de uso



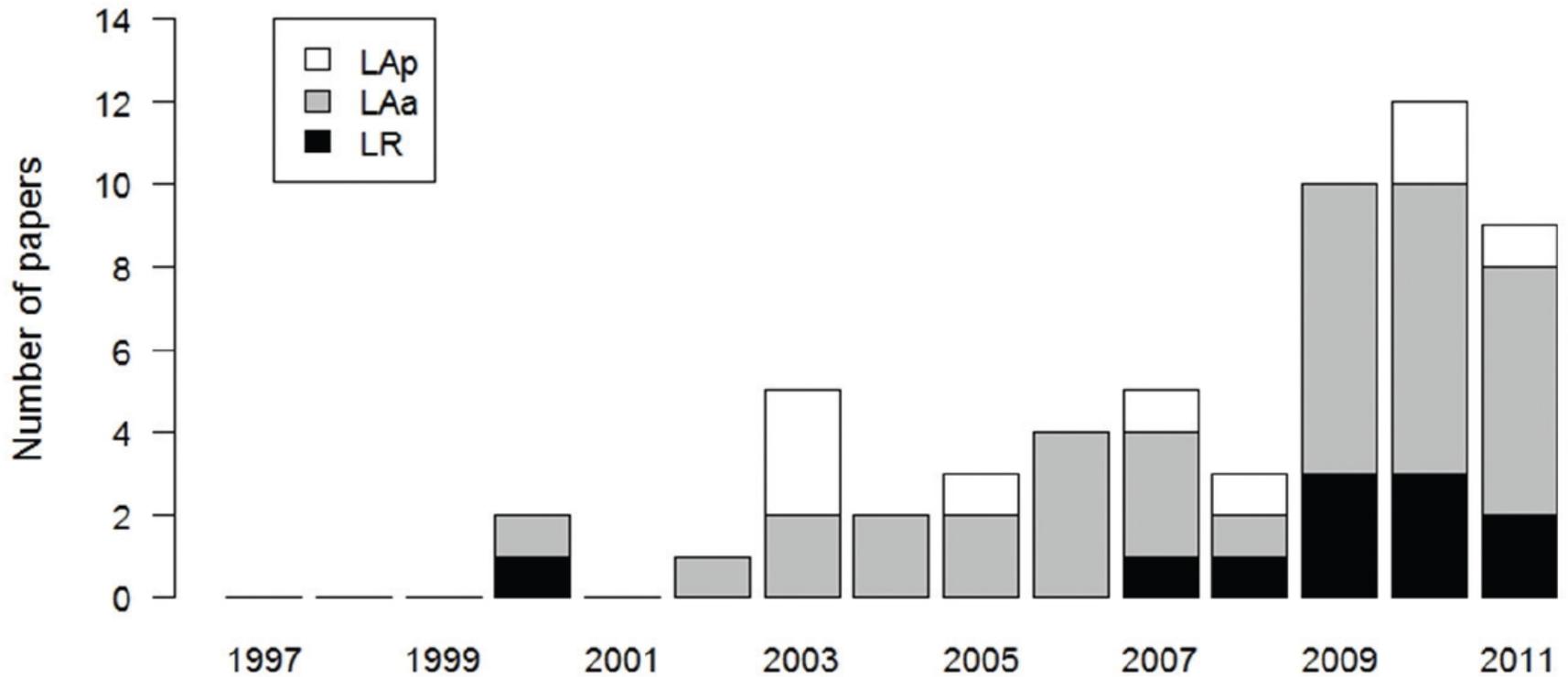
Histórico de uso



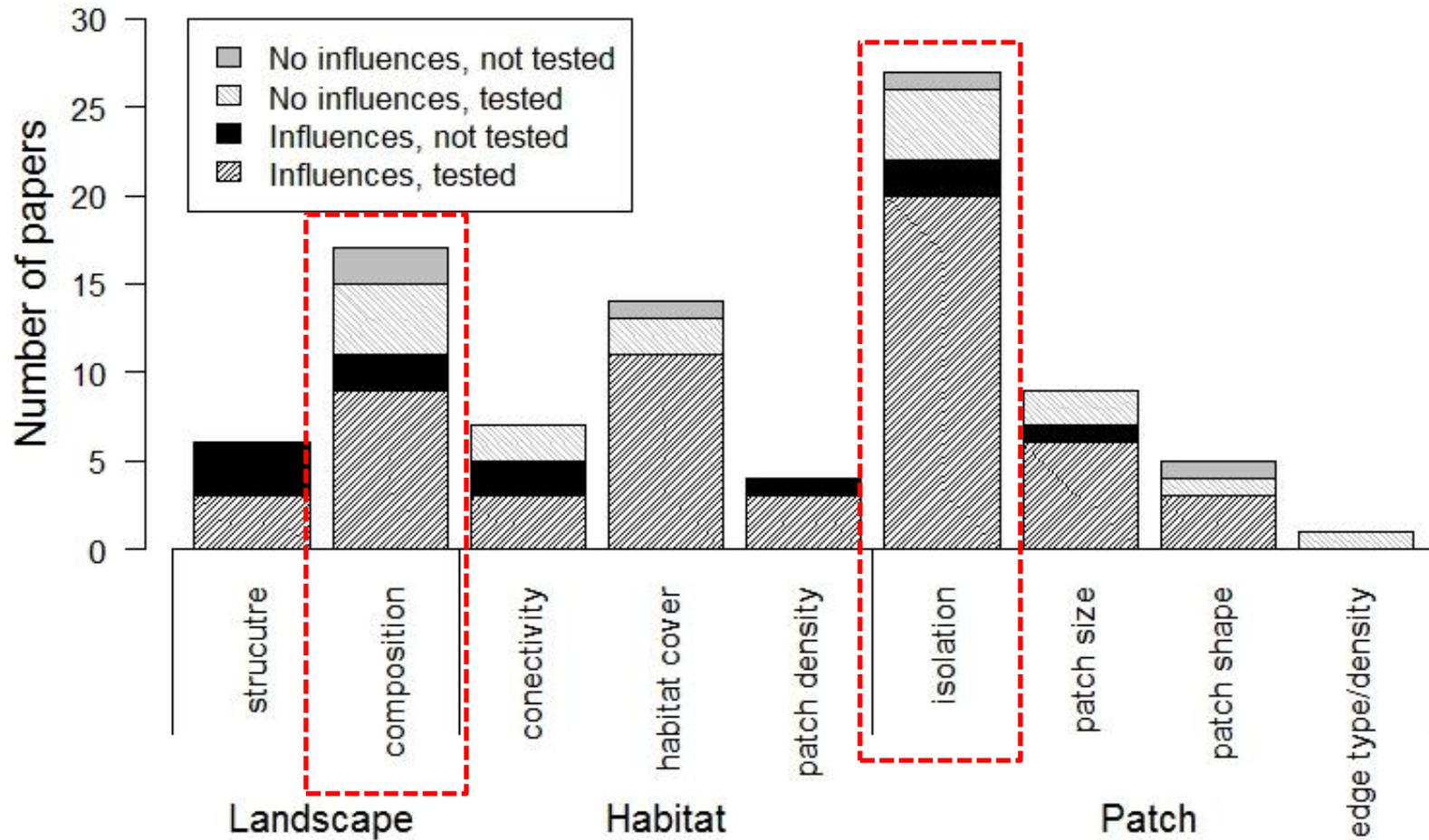
Fatores importantes para o planejamento da restauração



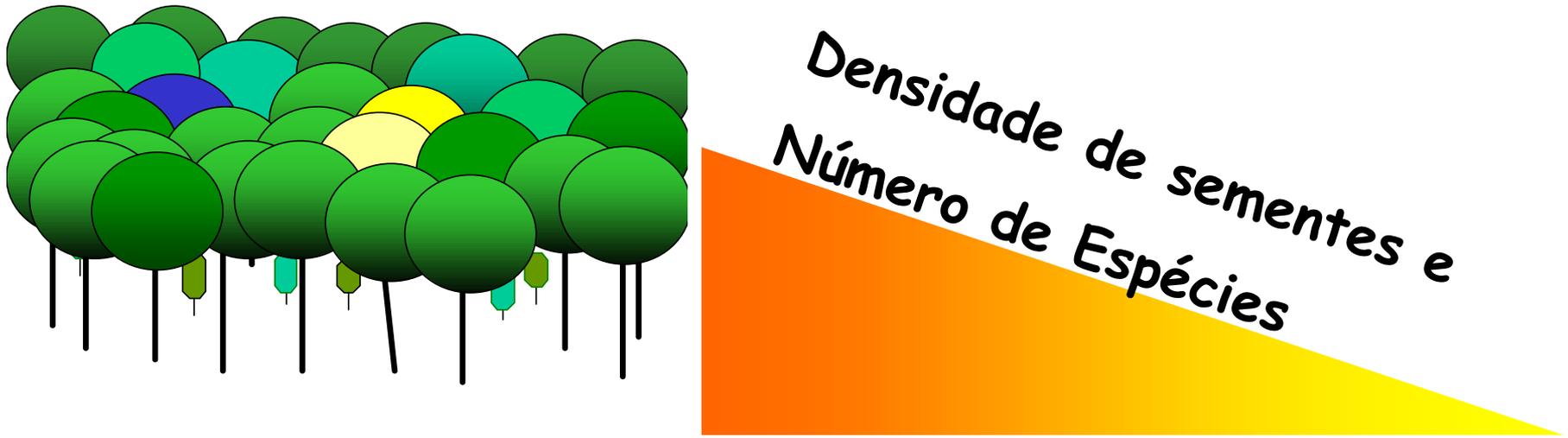
Influência da paisagem na restauração



Influência da paisagem na restauração



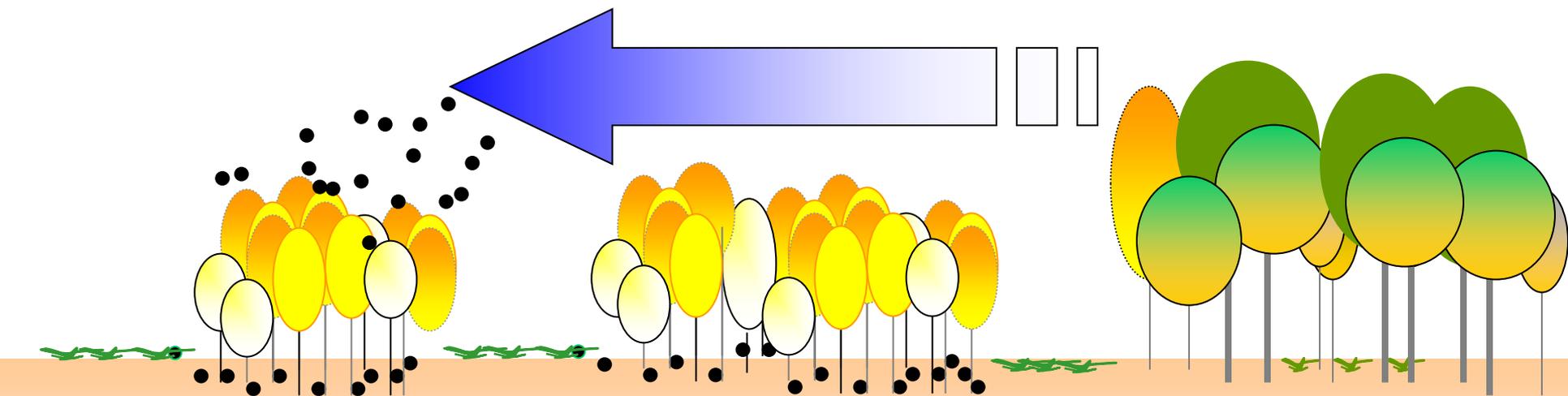
EFICIÊNCIA DA DISPERSÃO DE PROPÁGULOS EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DA FONTE FORNECEDORA



Fatores Condicionantes:

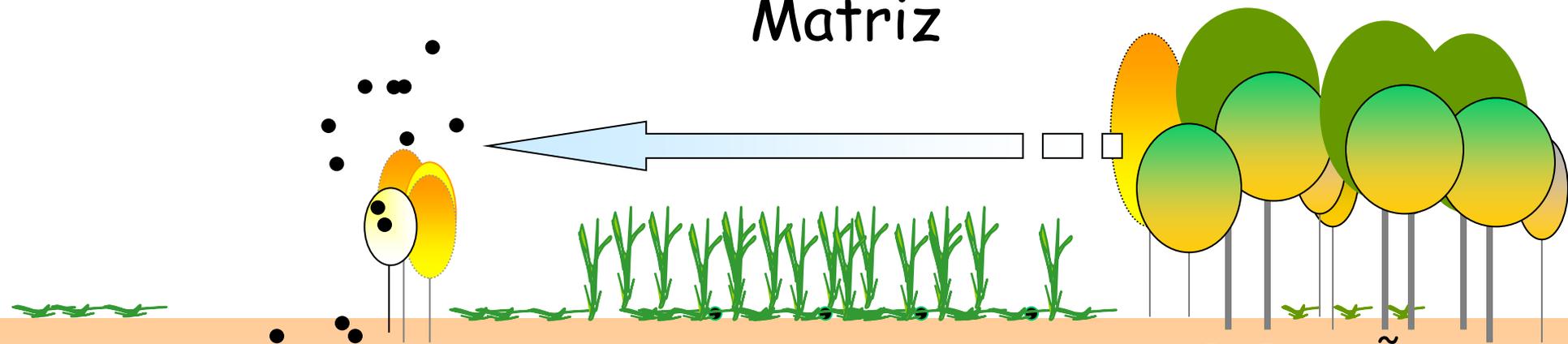
± 50 m

Distância, estado de conservação da vegetação, presença da fauna de dispersores, direção dos ventos, qualidade da matriz, época do ano em que a área foi aberta, etc.



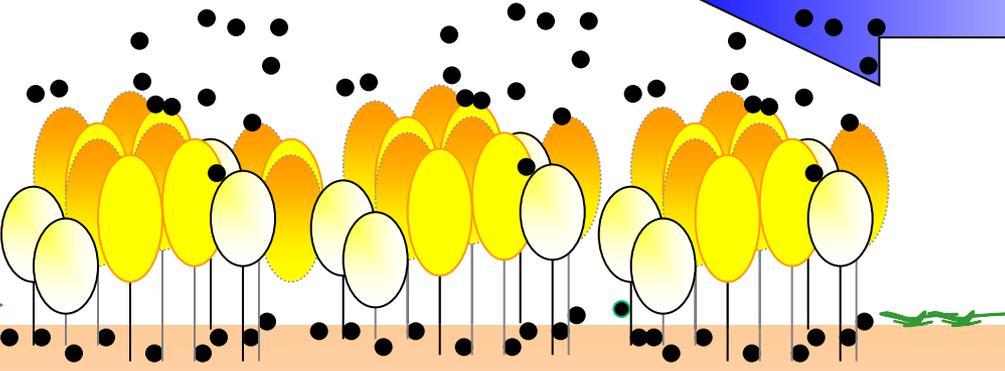
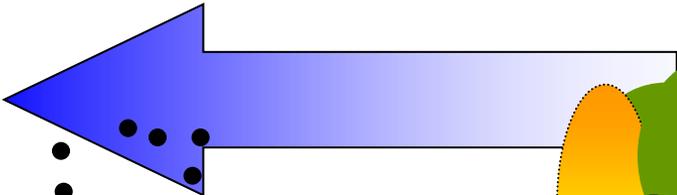
DISPERSÃO
NATURAL

Efeito da
Matriz

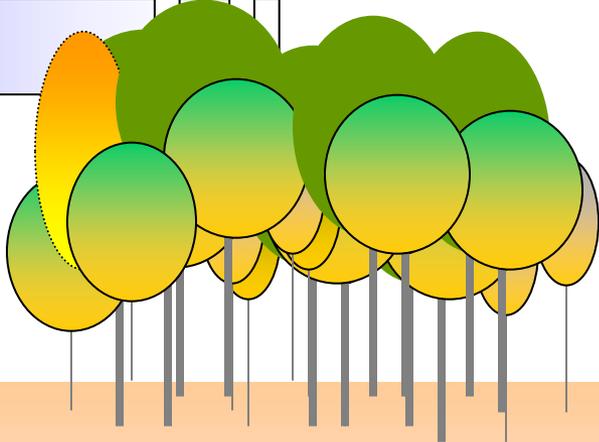


REGENERAÇÃO
NATURAL

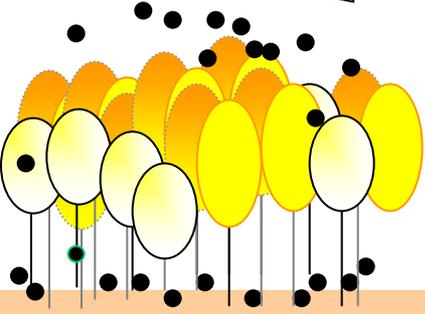
VEGETAÇÃO
REMANESCENTE



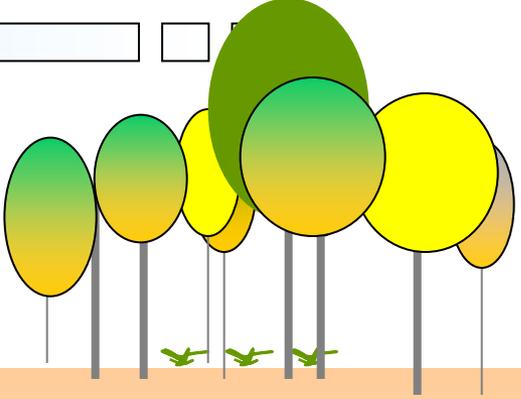
DISPERSÃO NATURAL



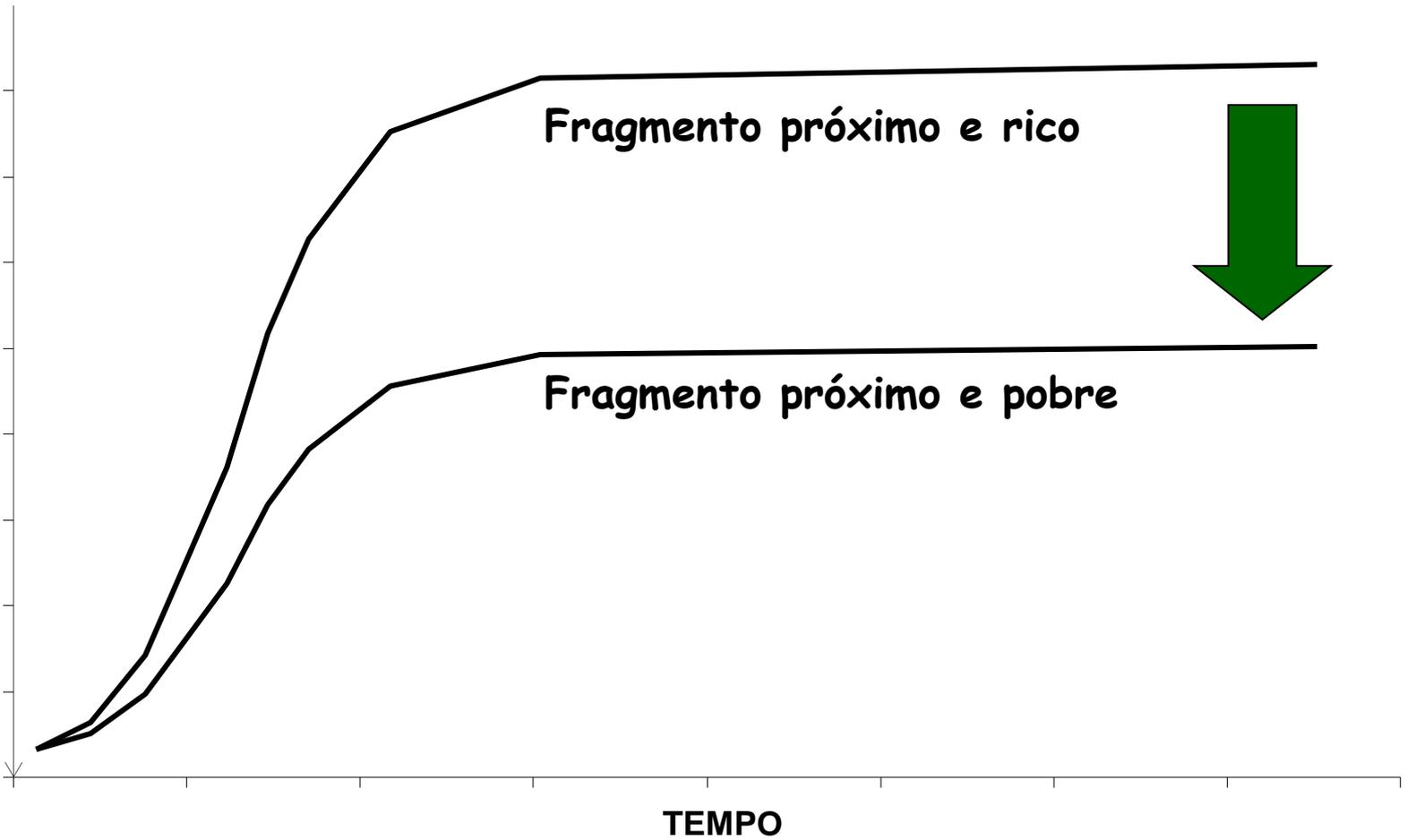
Efeito da
VEGETAÇÃO
REMANESCENTE



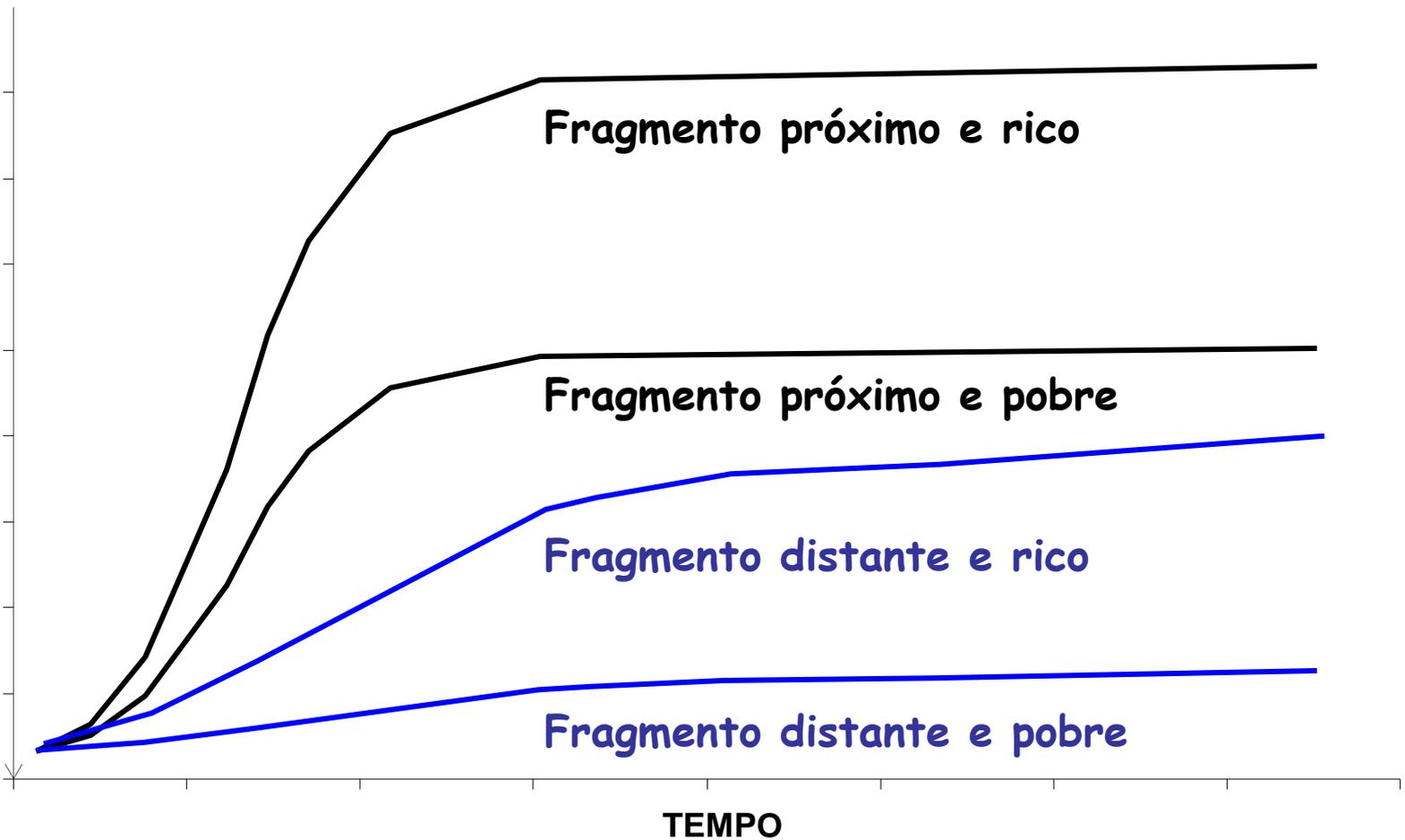
REGENERAÇÃO
NATURAL



Espécies Novas Ingressantes



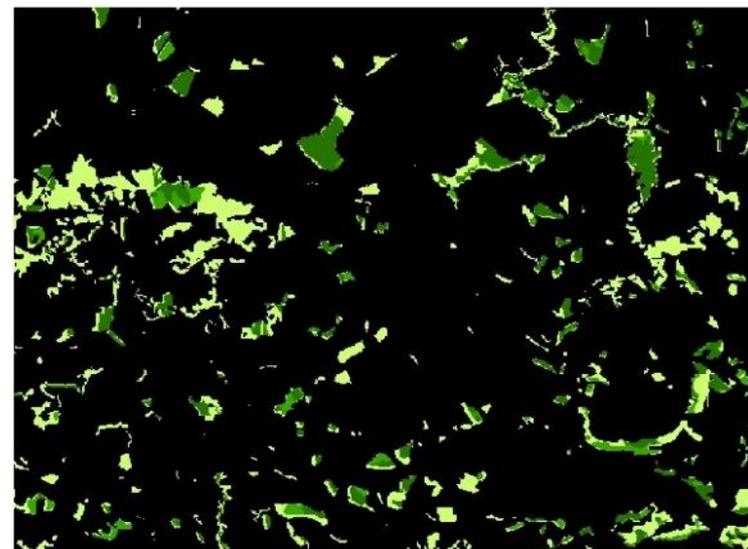
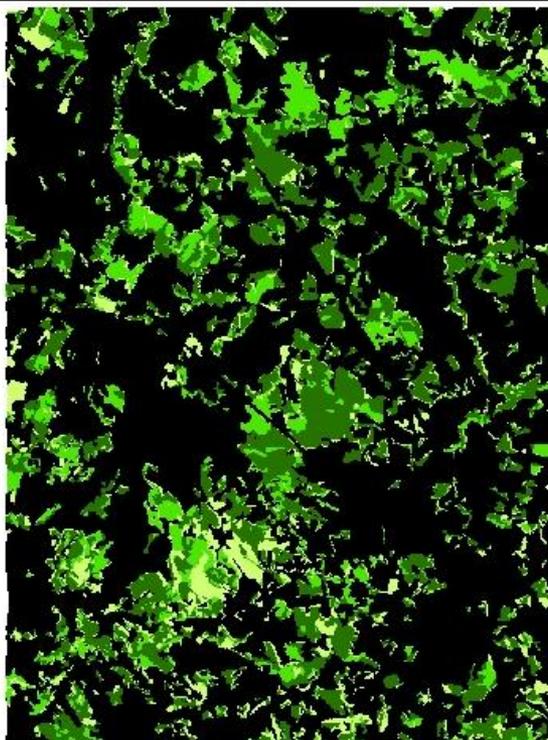
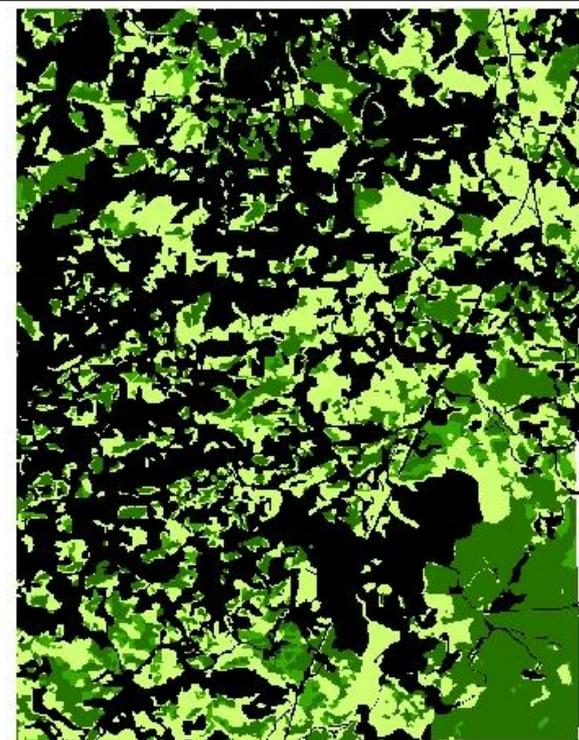
Espécies Novas Ingressantes



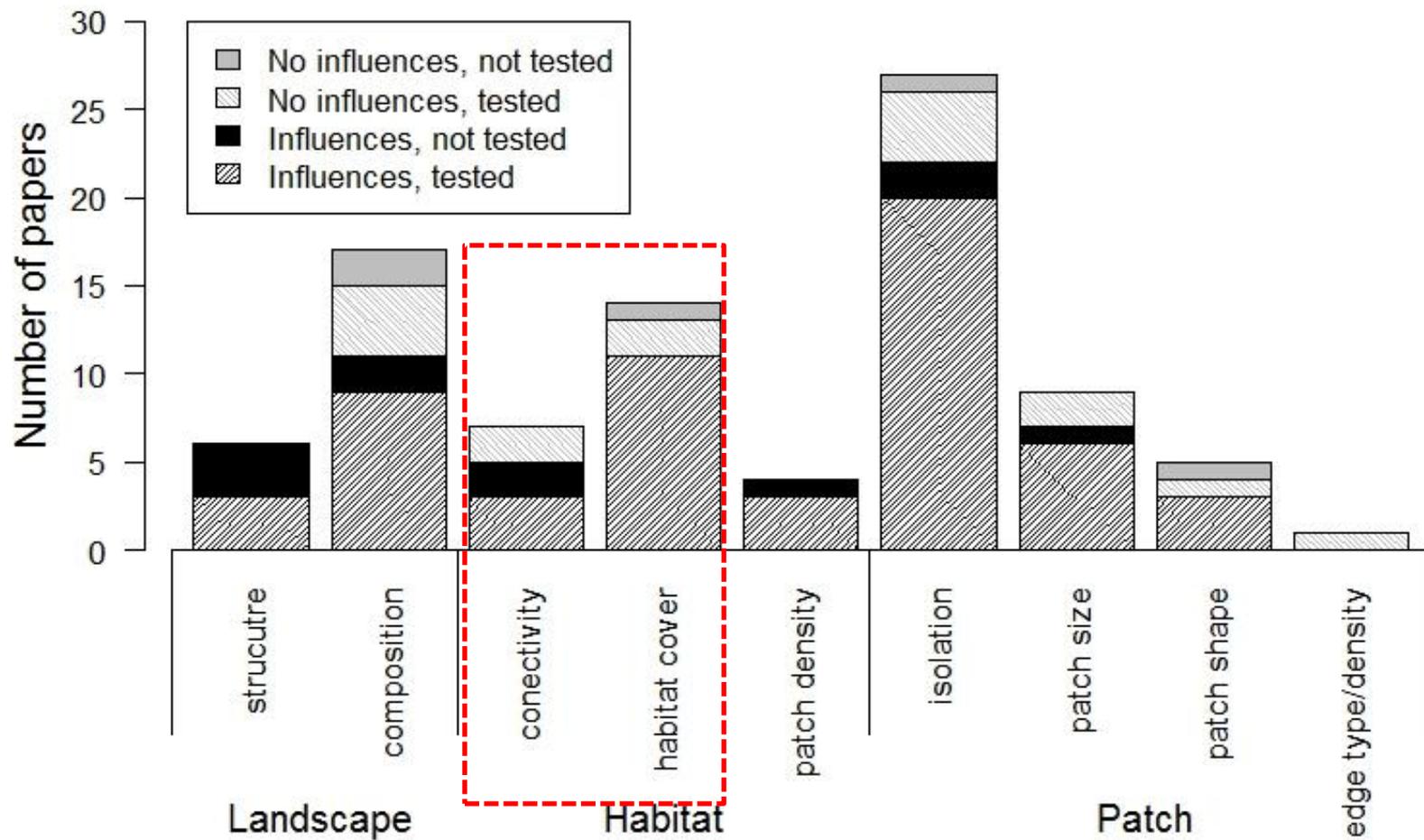
Idade da Mata	50% Floresta	30% Floresta	10% Floresta
<20 anos	2892 ha (52.9%)	605 ha (18.9%)	733 ha (60.6%)
<40 anos	551 ha (10.1%)	873 ha (27.2%)	151 ha (12.5%)
>40 anos	2024 ha (37%)	1731 ha (53.9%)	325 ha (26.9%)



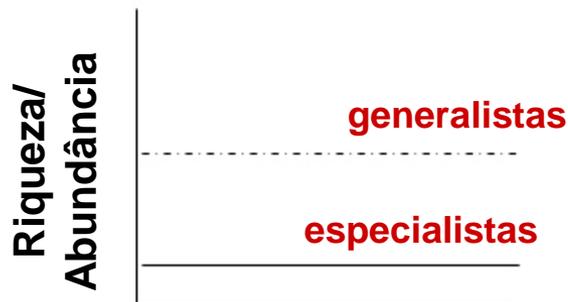
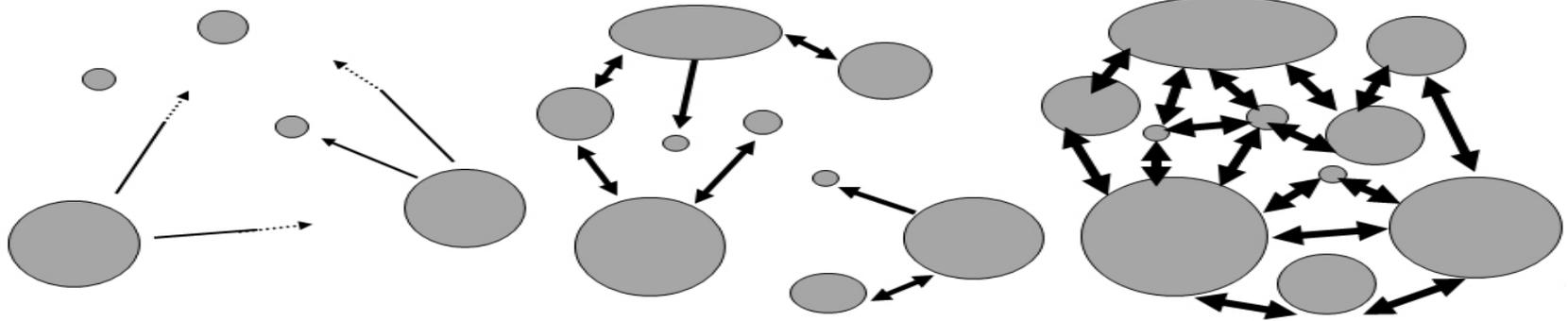
Maiores regeneração perto dos rios, de fragmentos existentes e longe de estradas (Teixeira 2009)



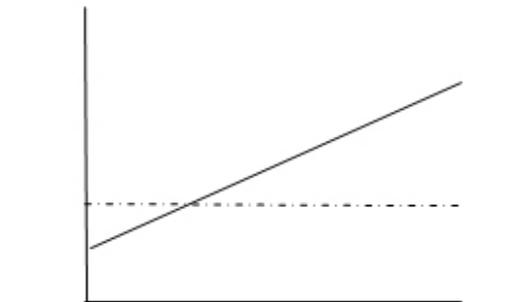
Influência da paisagem na restauração



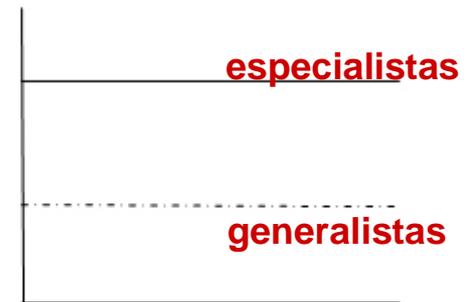
Perda de hábitat e fragmentação



Tamanho do fragmento
Baixa diversidade
gamma e alfa

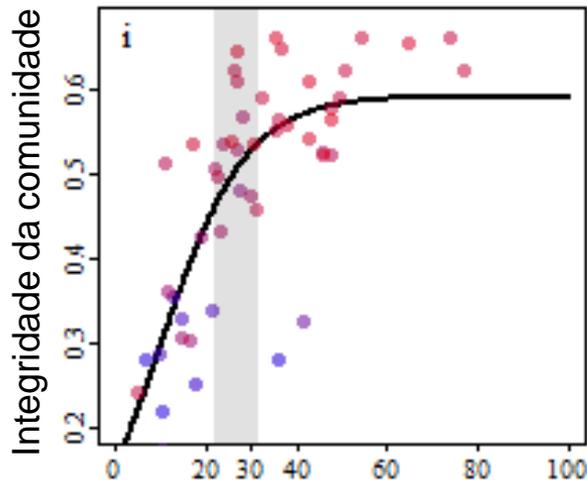


Tamanho do fragmento
Alta diversidade
gamma
Alfa depende da
área do fragmento

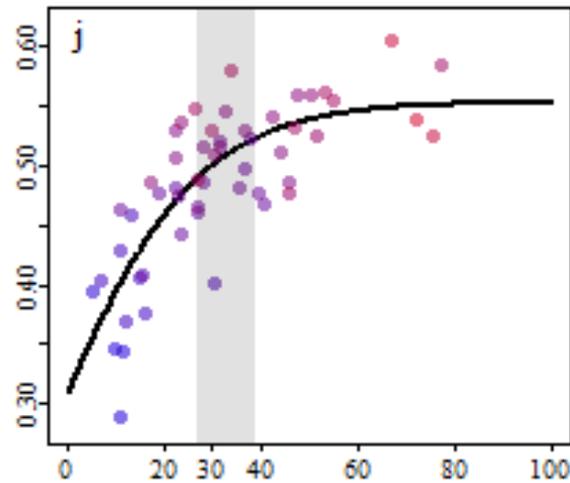


Tamanho do fragmento
Alta diversidade
gamma e alfa

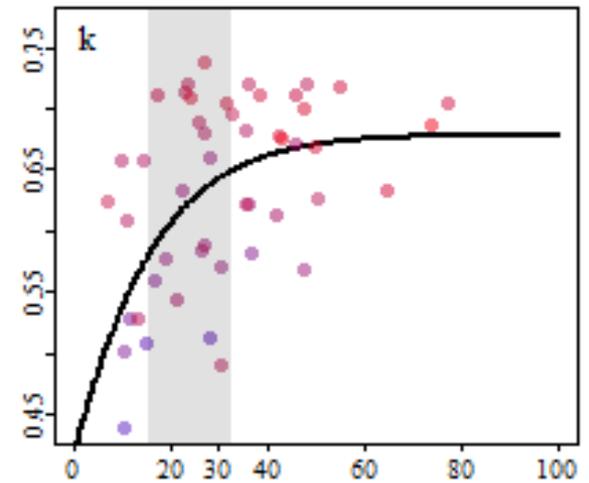
Perda de hábitat e fragmentação



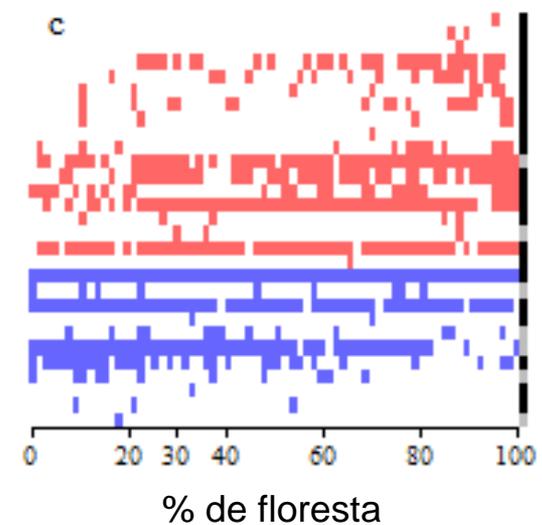
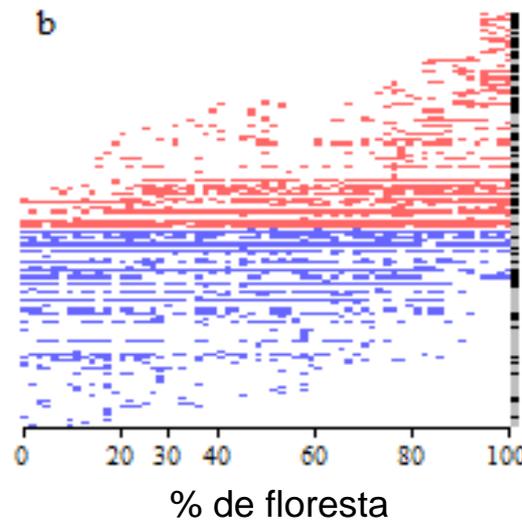
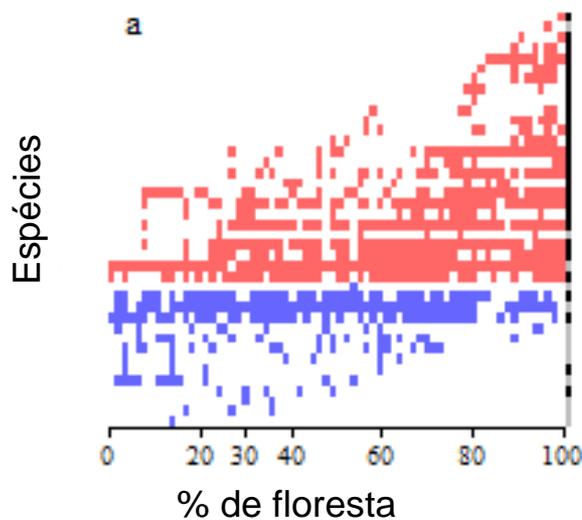
Mamíferos



Aves

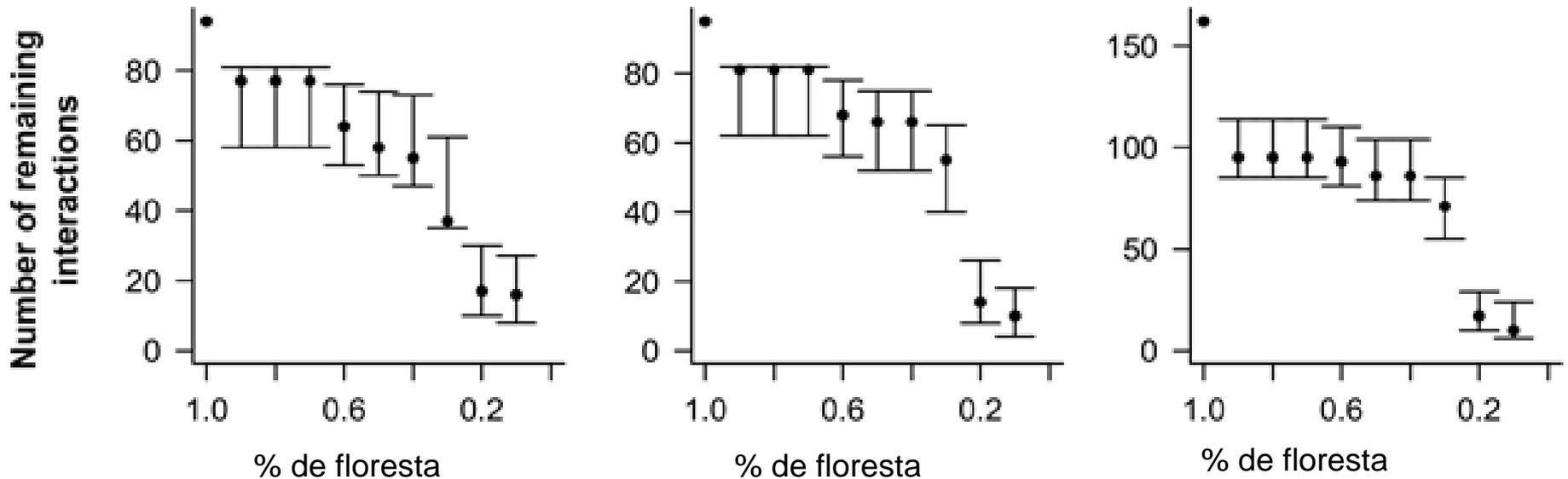


Anfíbios

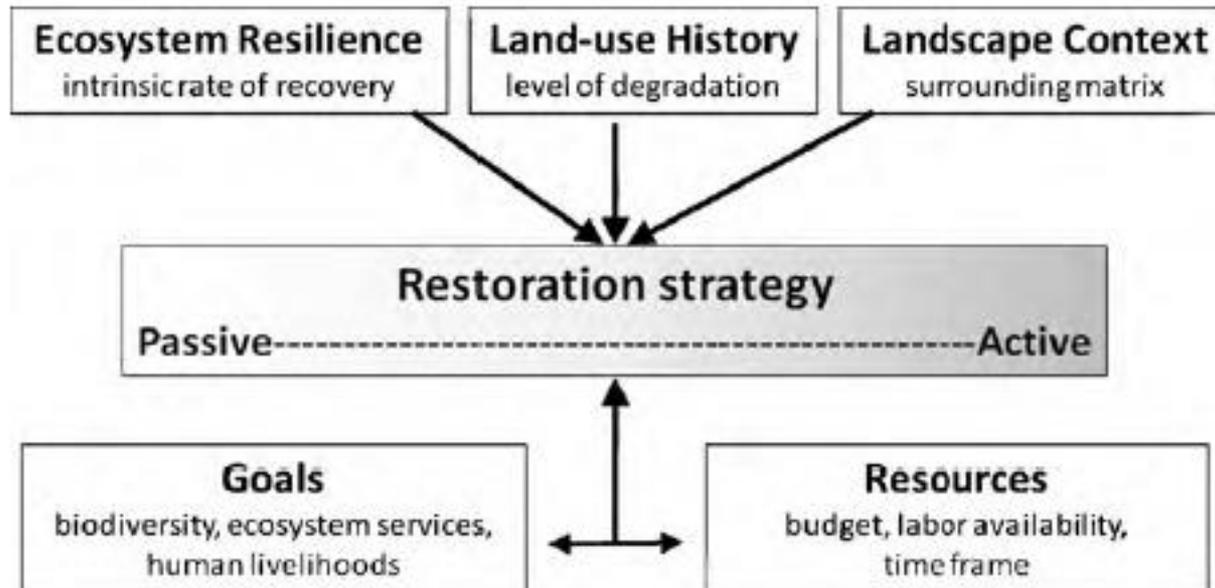


Perda de hábitat e fragmentação

Estrutura de redes de interações entre plantas e aves dispersoras de sementes



Fatores importantes para o planejamento da restauração



Evolução dos projetos de restauração

Novos desafios: viabilizar restauração em larga escala

- Bonn Challenge 2011 → restaurar 150 milhões de ha até 2020
- Pacto pela restauração da Mata Atlântica → restaurar 20 milhões de ha até 2050

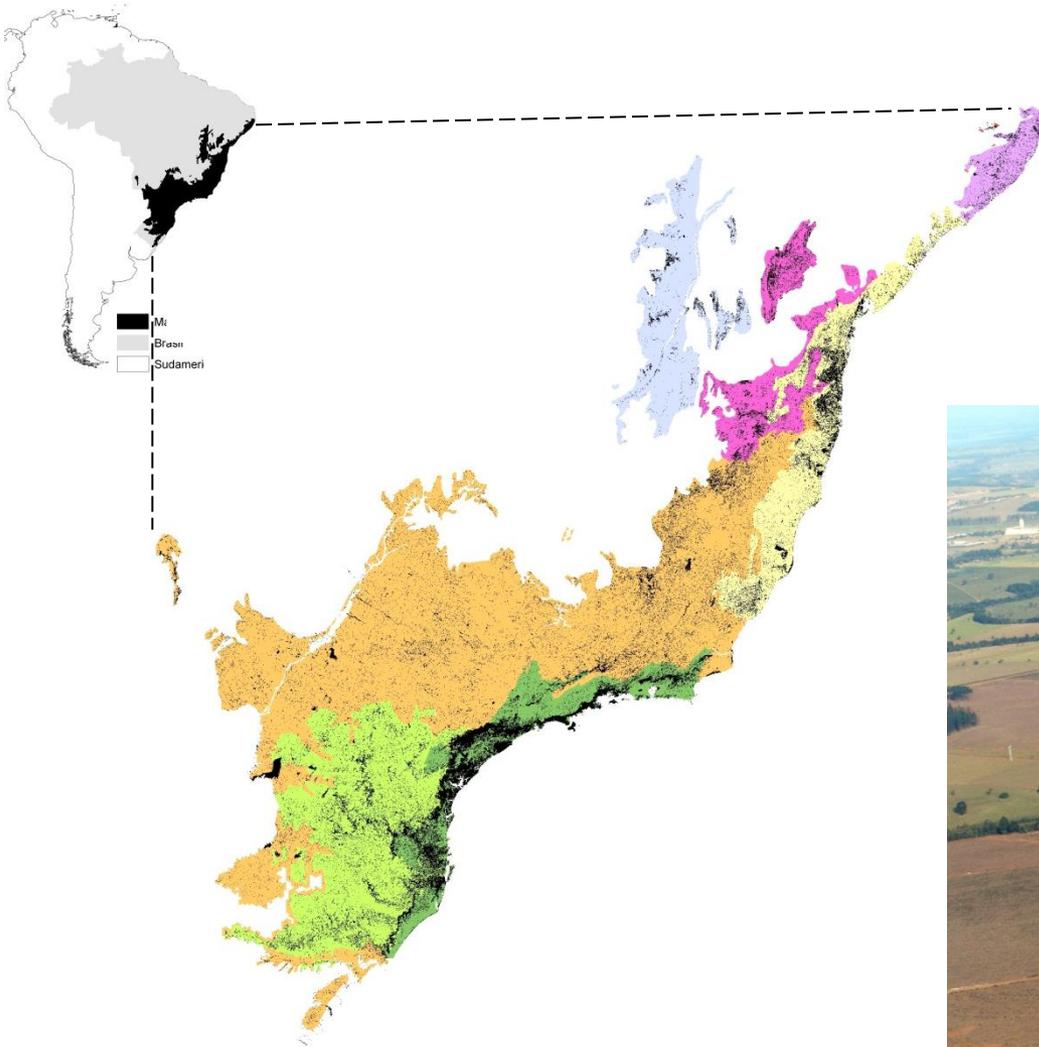
Situação da Mata Atlântica

Fragmentos pequenos e isolados

150 milhões de hectares

11% - 16% remanescente

83% dos remanescentes < 50 ha
Ribeiro et al. 2009 – Biol. Cons.



Situação da Mata Atlântica

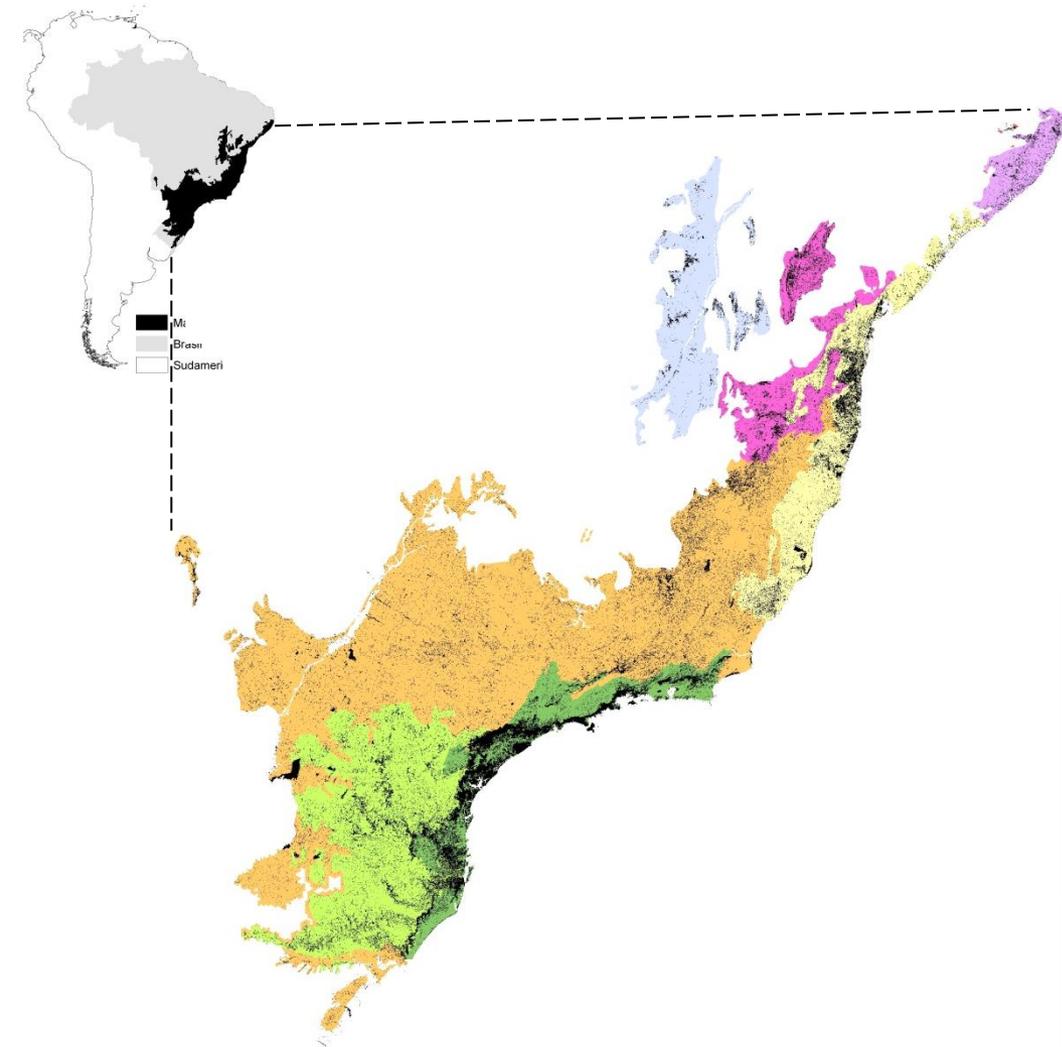
Fragmentos pequenos e isolados

~130 milhões ha sem floresta

~18 milhões ha degradados ou ilegalmente ocupados

Calmon et al. 2011 – Res. Ecol.

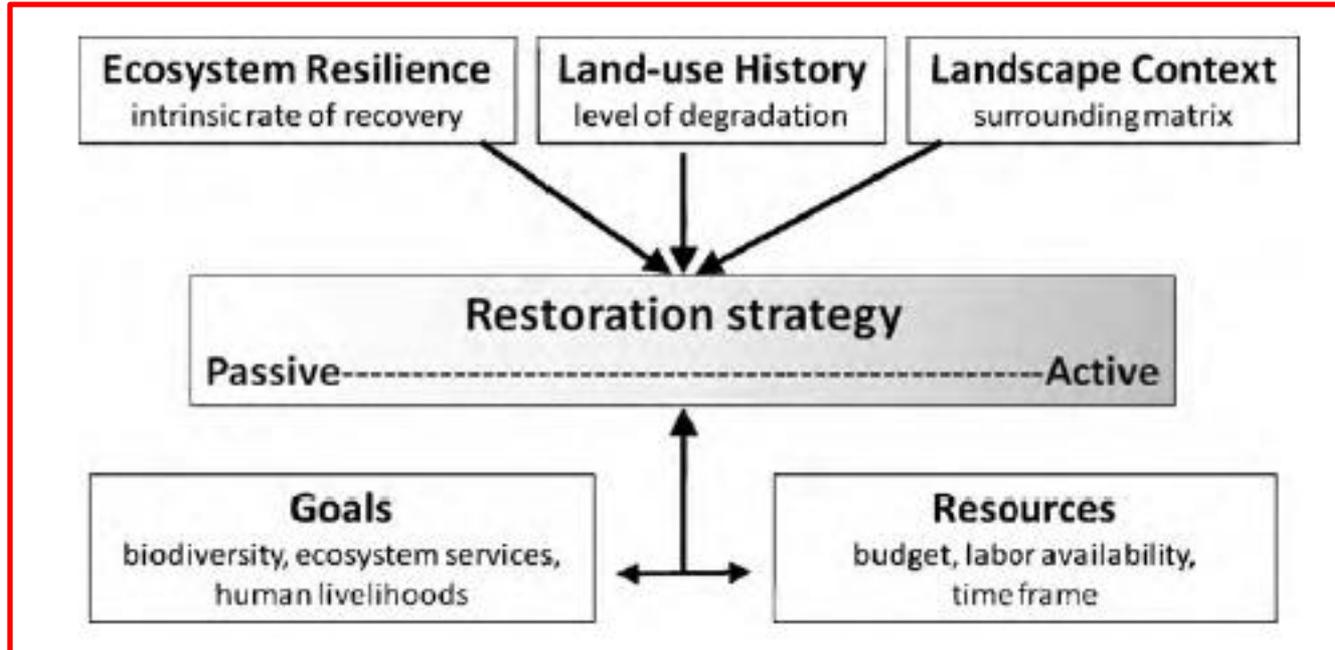
US\$ 5.000/ha para restaurar



Evolução dos projetos de restauração

Novos desafios: viabilizar restauração em larga escala

Sócio-econômica



Situação da Mata Atlântica

Fragmentos pequenos e isolados

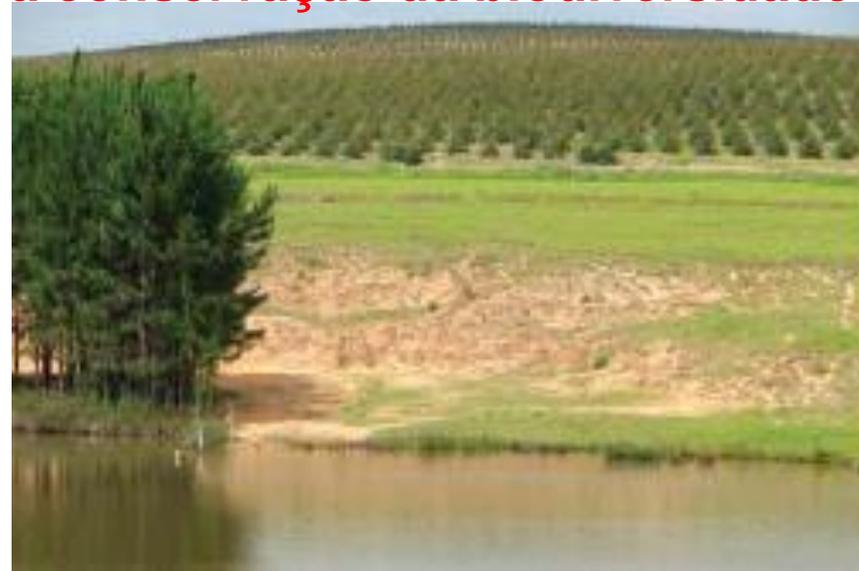
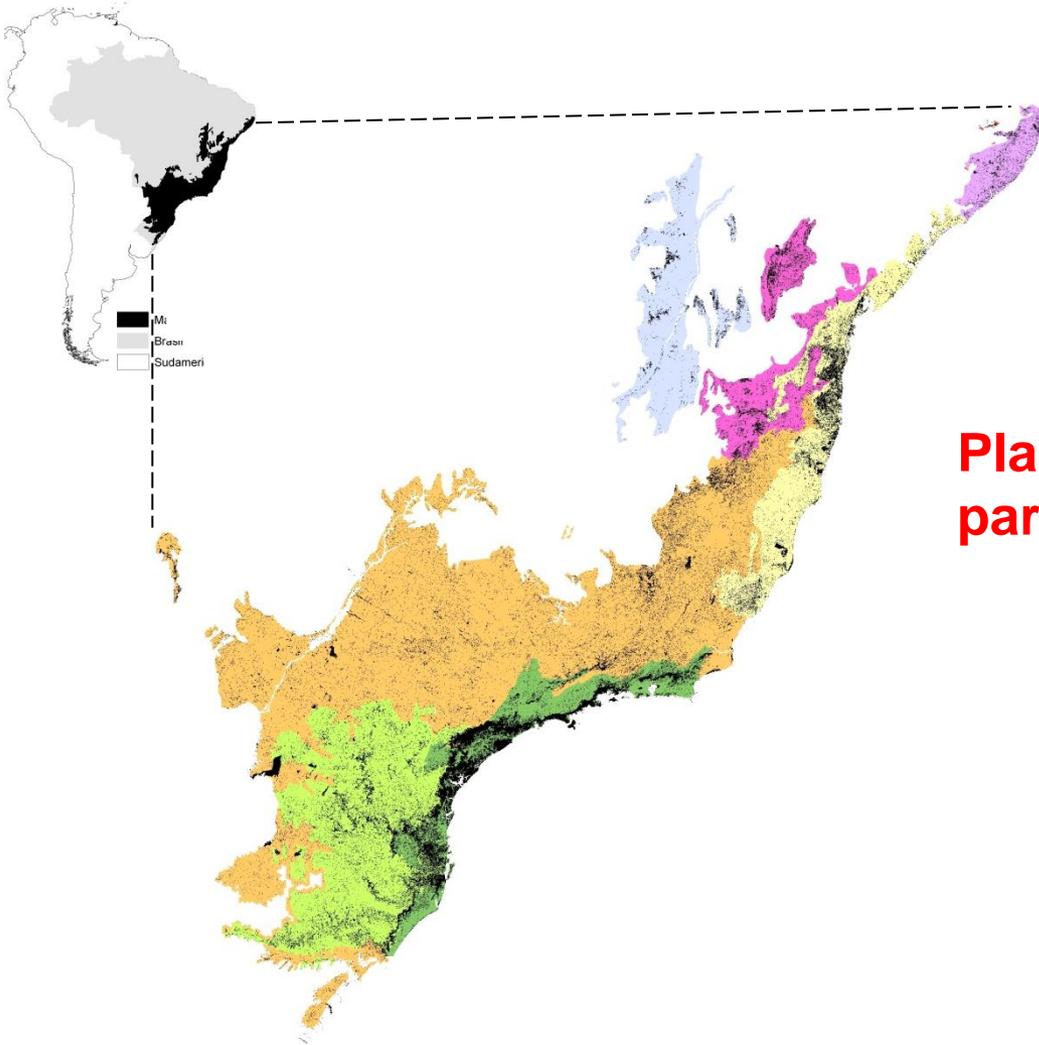
~130 milhões ha sem floresta

~18 milhões ha degradados ou ilegalmente ocupados

Calmon et al. 2011 – Res. Ecol.

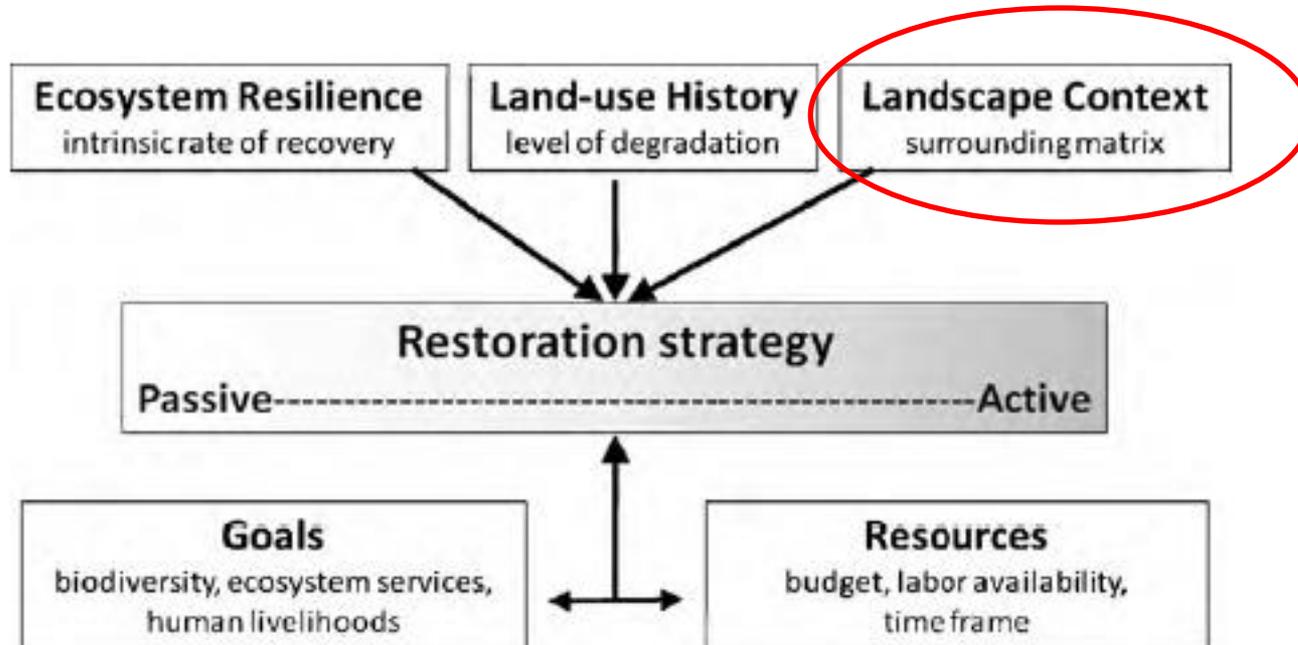
US\$ 5.000/ha para restaurar

**Planejamento da restauração
para conservação da biodiversidade**

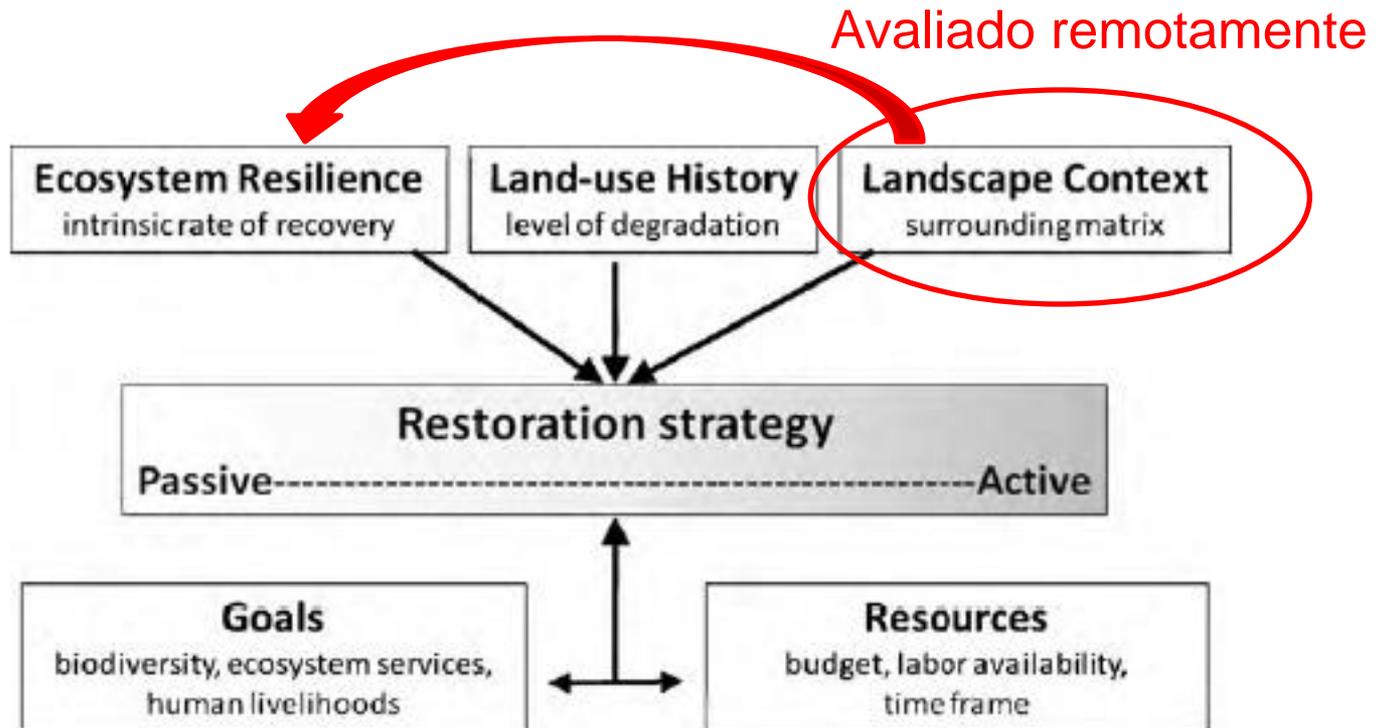


Fatores importantes para o planejamento da restauração

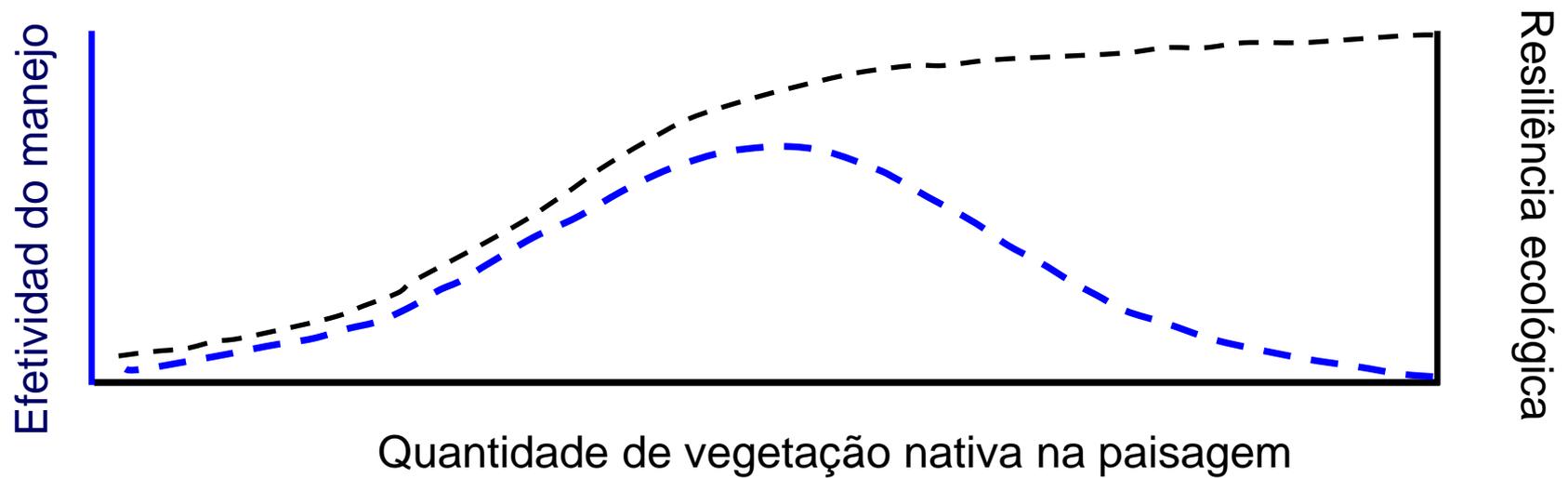
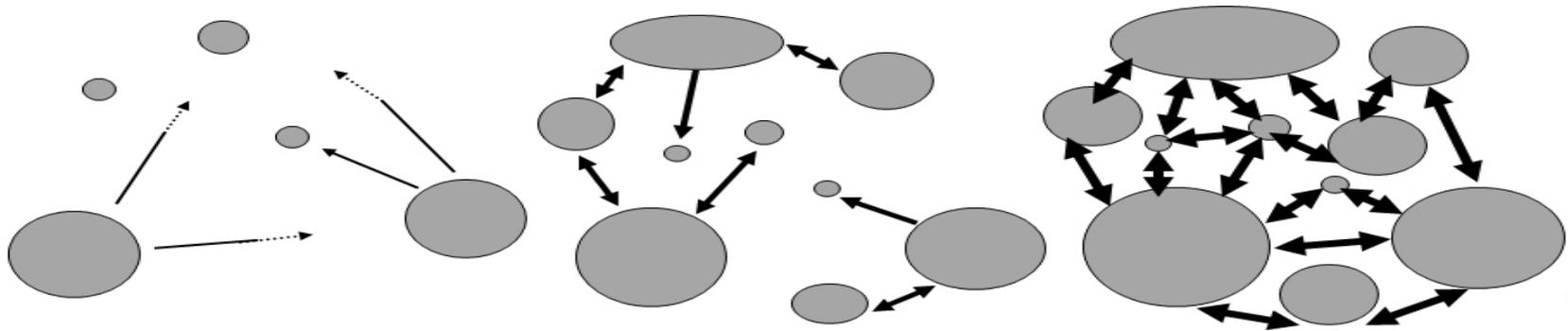
Avaliado remotamente



Fatores importantes para o planejamento da restauração

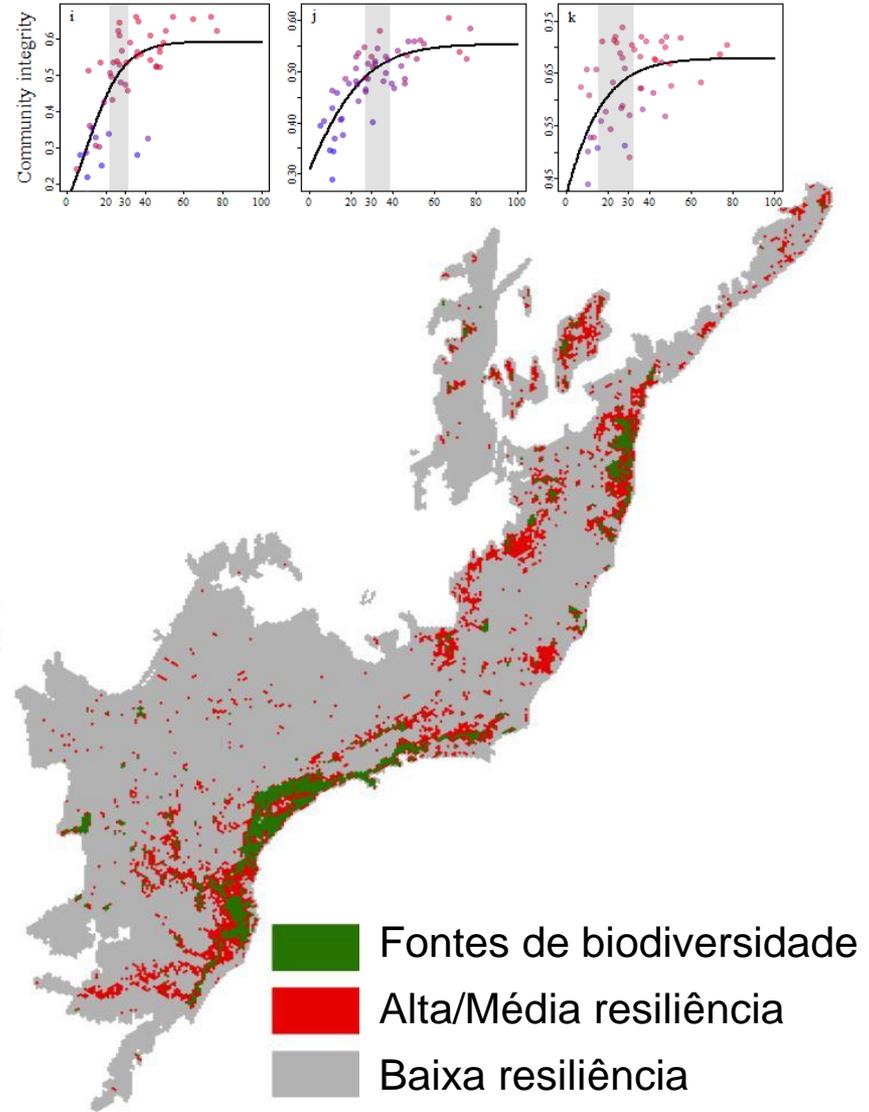
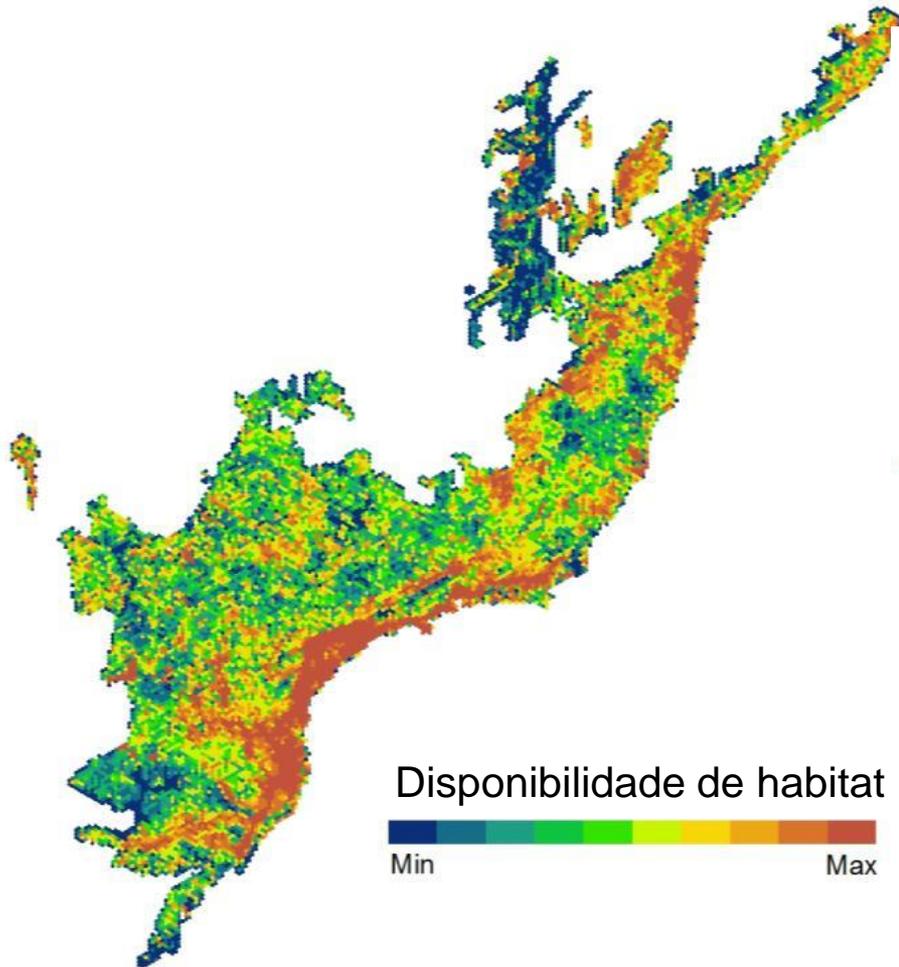


Perda de hábitat e fragmentação X Resiliência



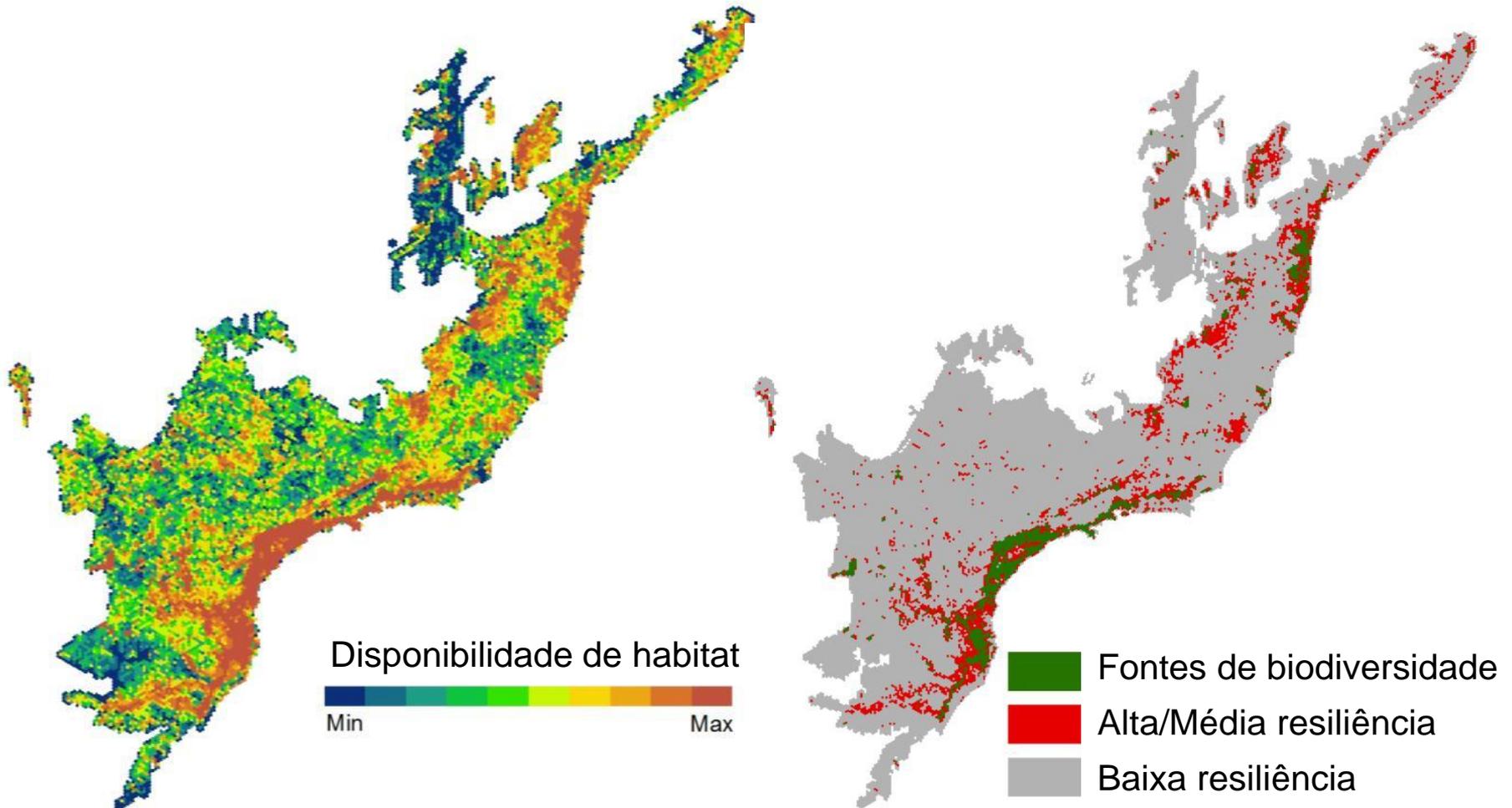
Situação da Mata Atlântica

Identificação de áreas com maior resiliência da paisagem

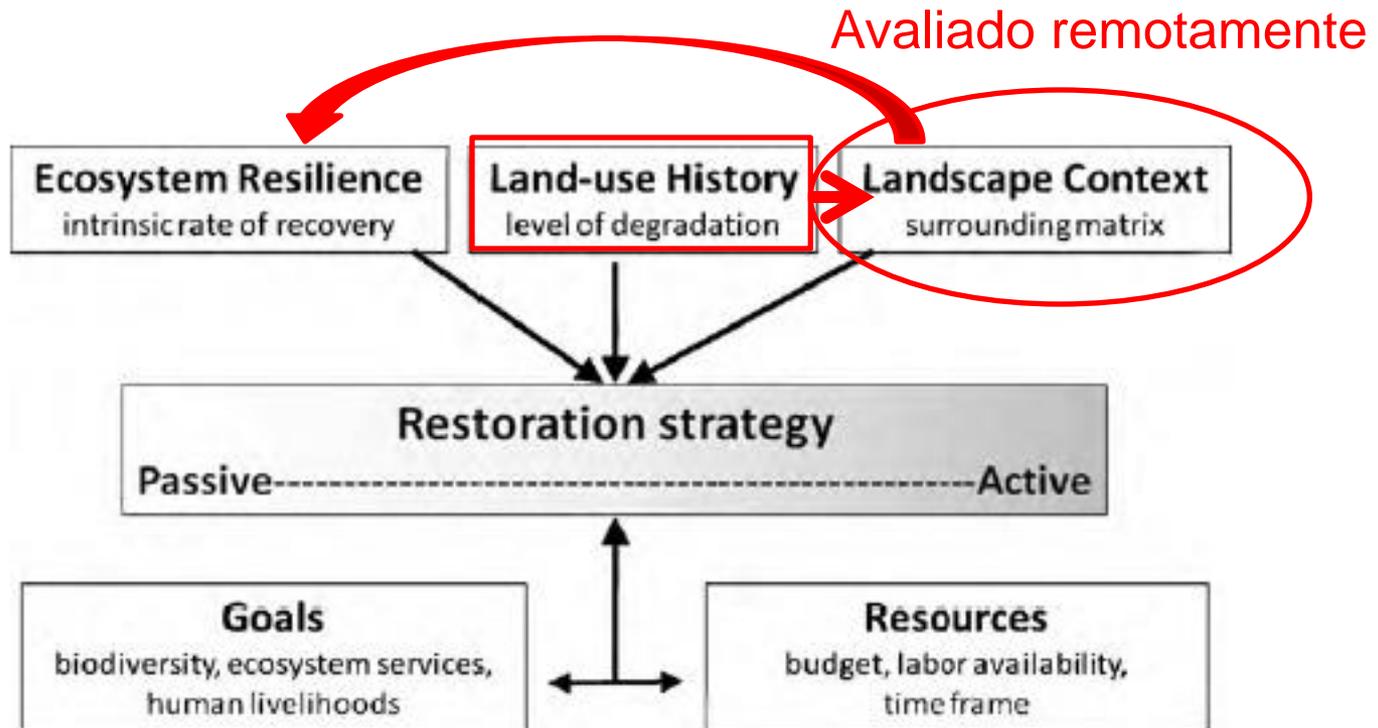


Situação da Mata Atlântica

Identificação de áreas com maior resiliência da paisagem
Redução da área para visitação em campo: 10% da MA



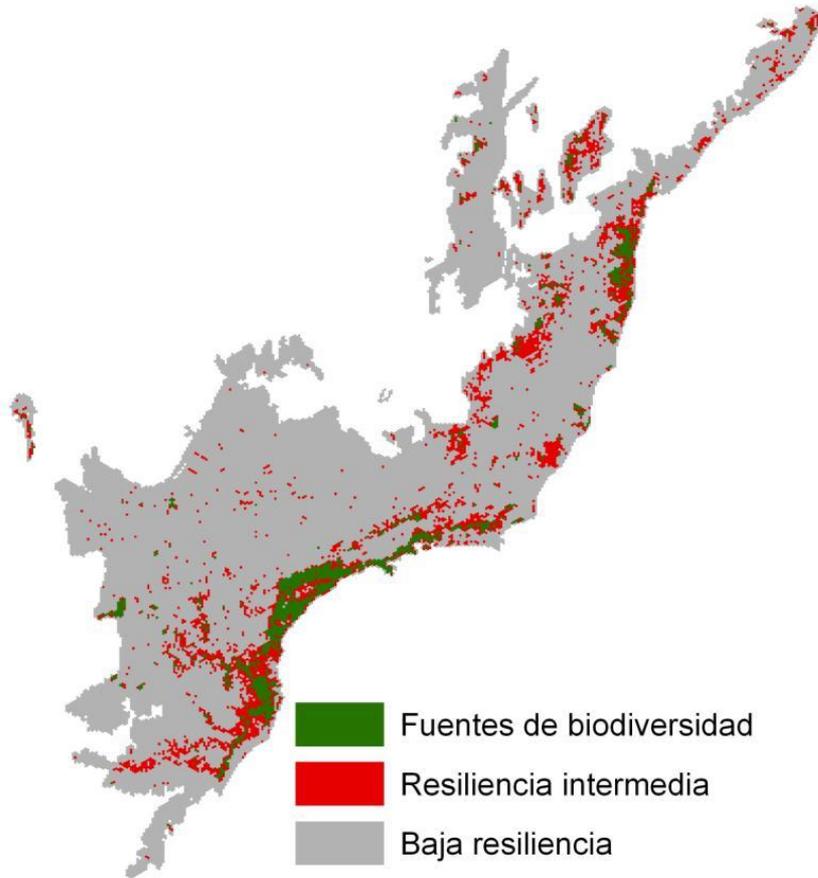
Fatores importantes para o planejamento da restauração



Novos desafios

Importância Temporal: Histórico da paisagem

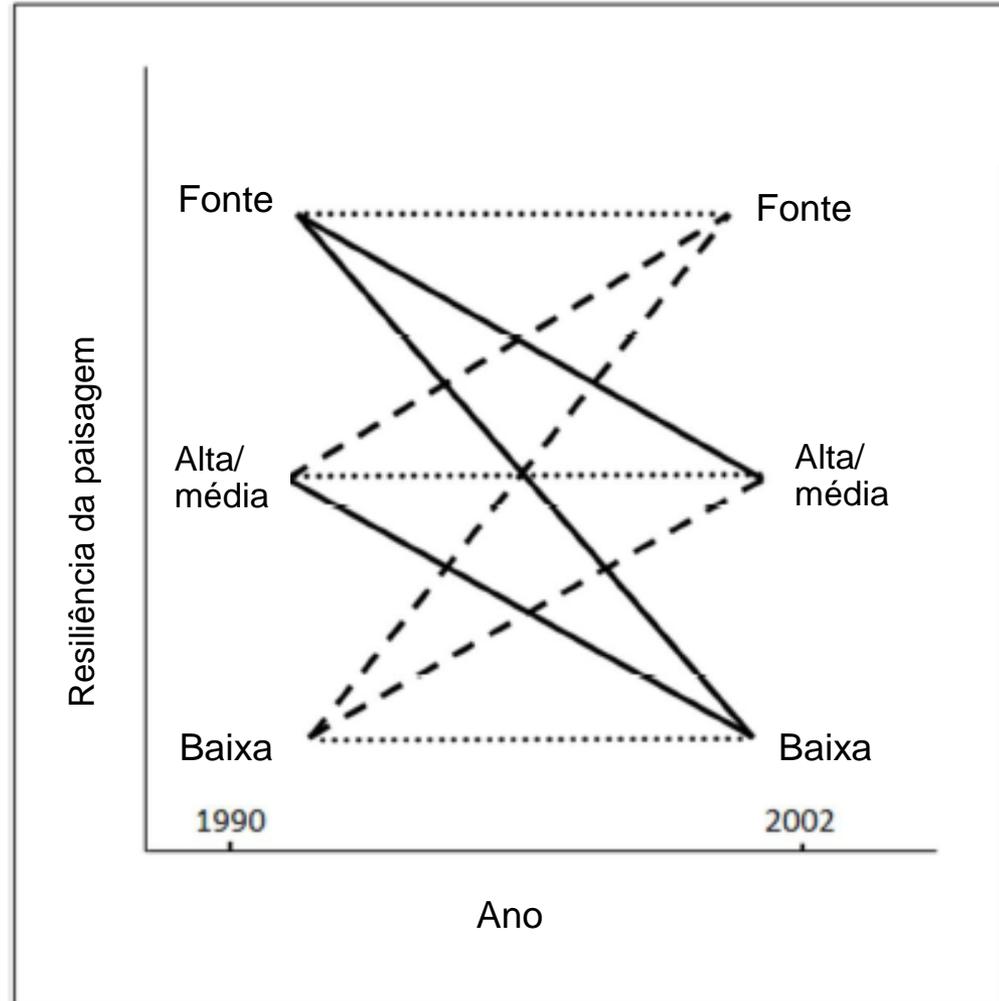
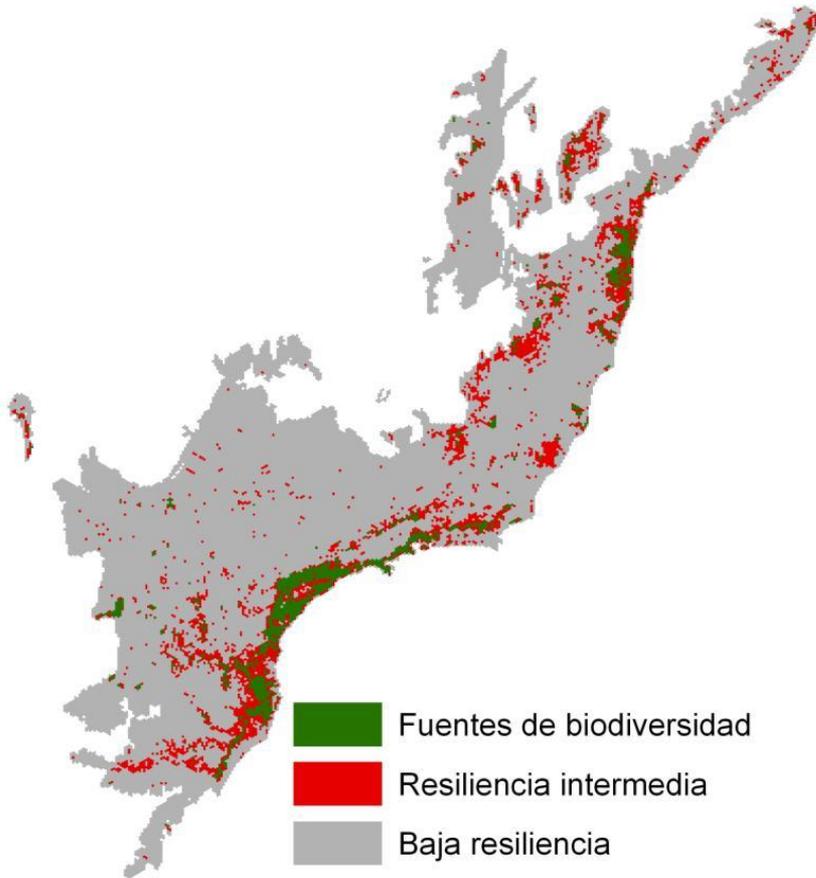
Mudanças da paisagem: **débito de extinção X crédito de recolonização**



Novos desafios

Importância Temporal: Histórico da paisagem

Mudanças da paisagem: débito de extinção X crédito de recolonização

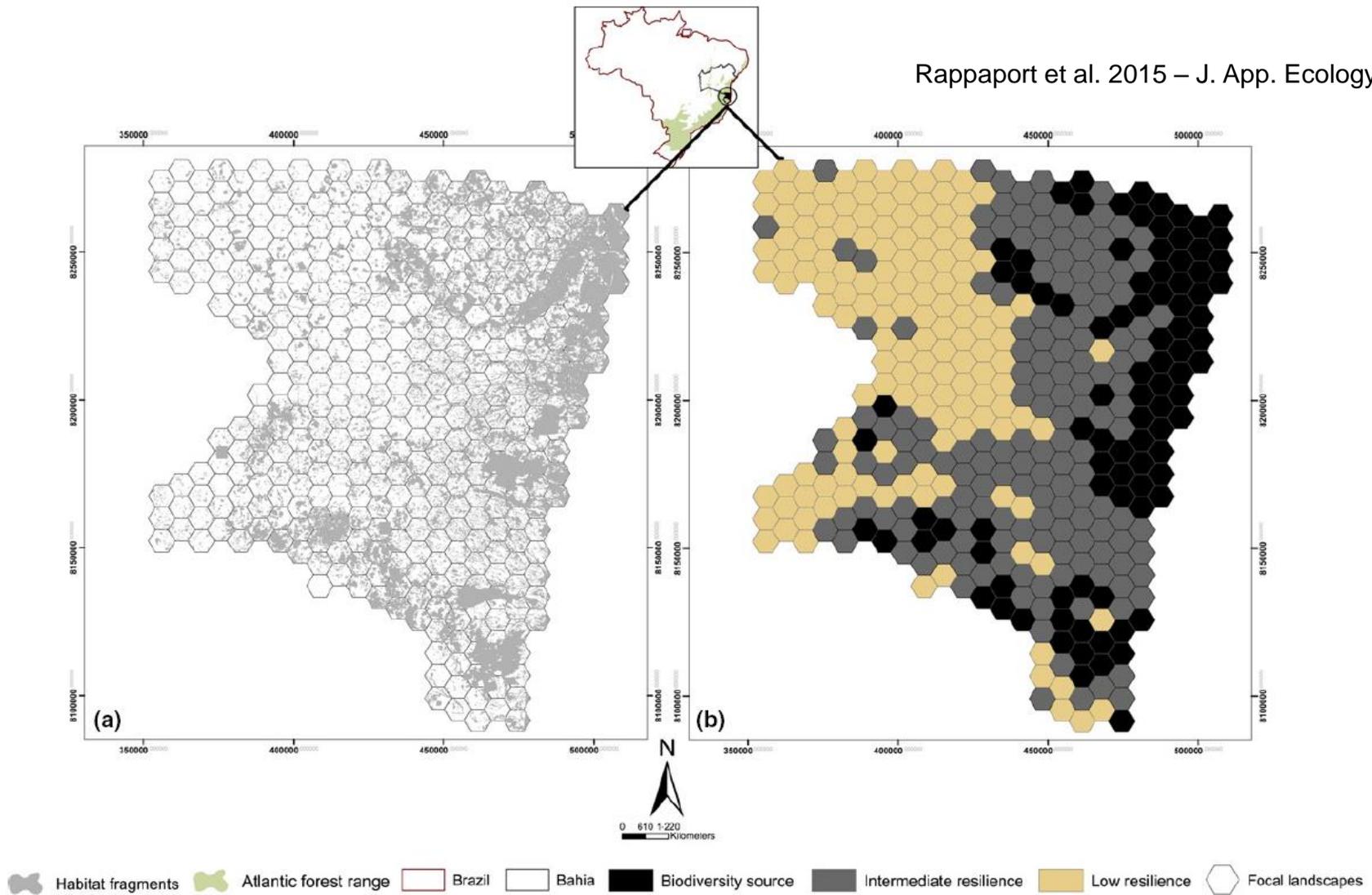


Novos desafios

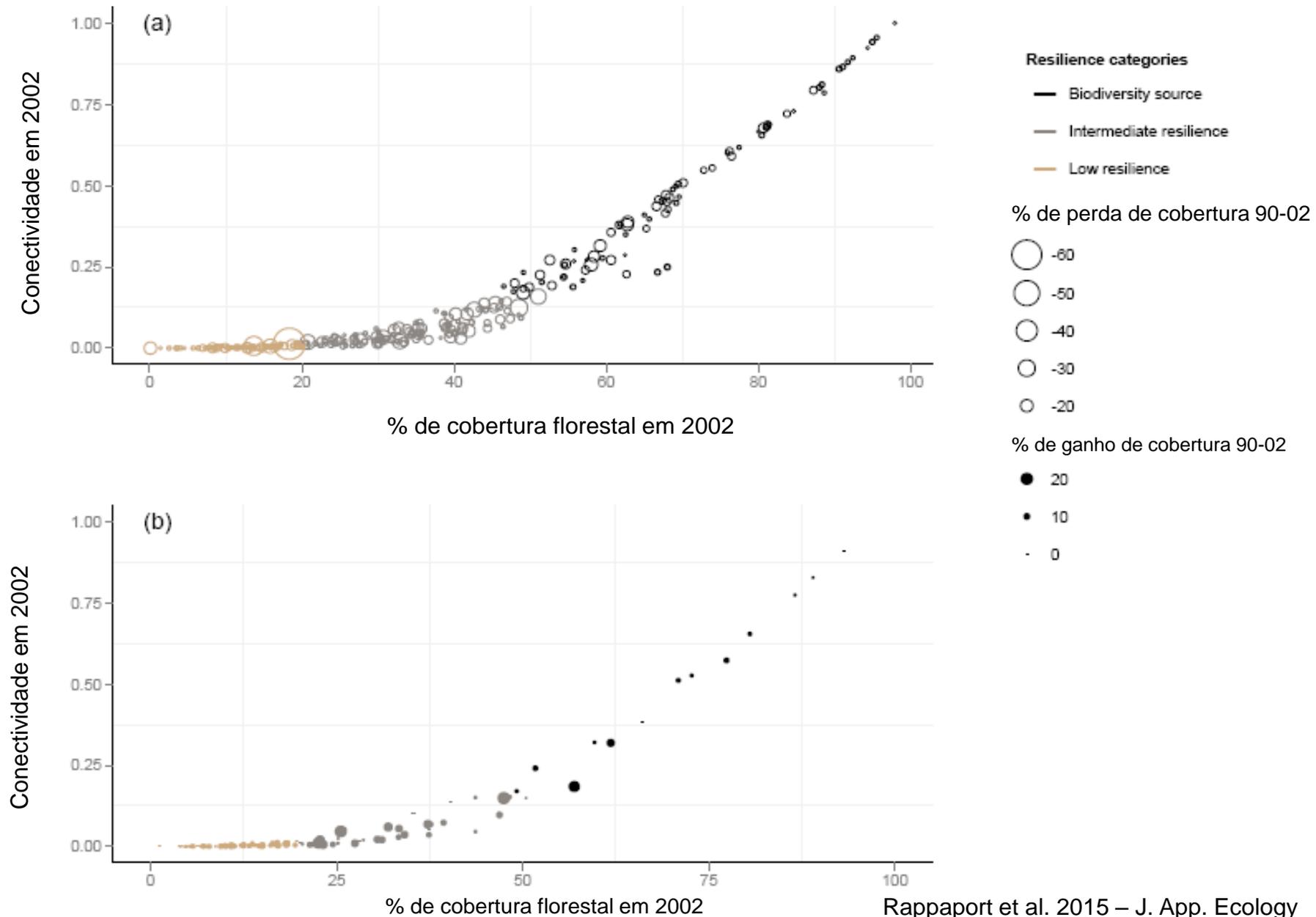
Importância Temporal: Histórico da paisagem

Mudanças da paisagem: débito de extinção X crédito de recolonização

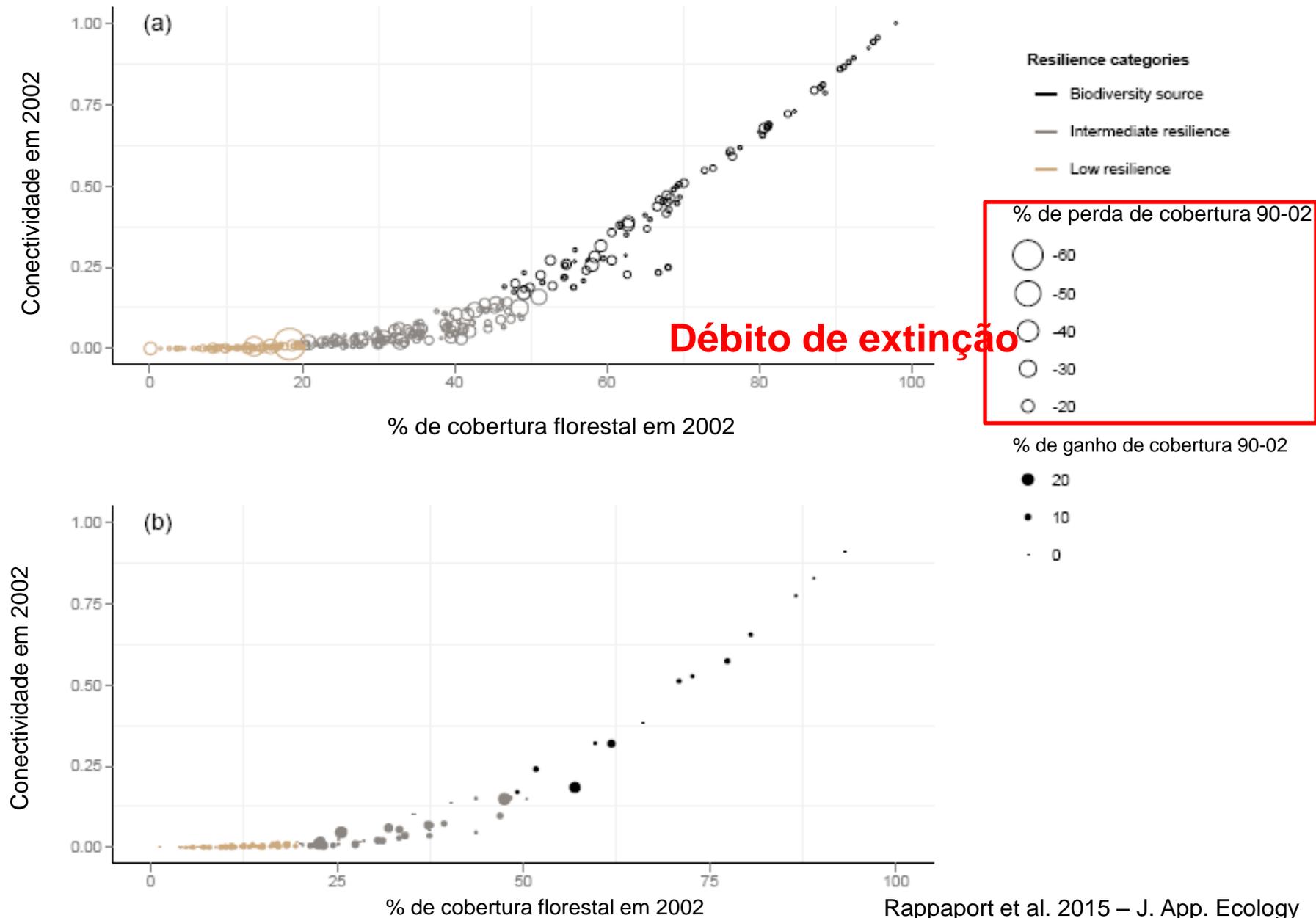
Rappaport et al. 2015 – J. App. Ecology



Importância Temporal: Histórico da paisagem

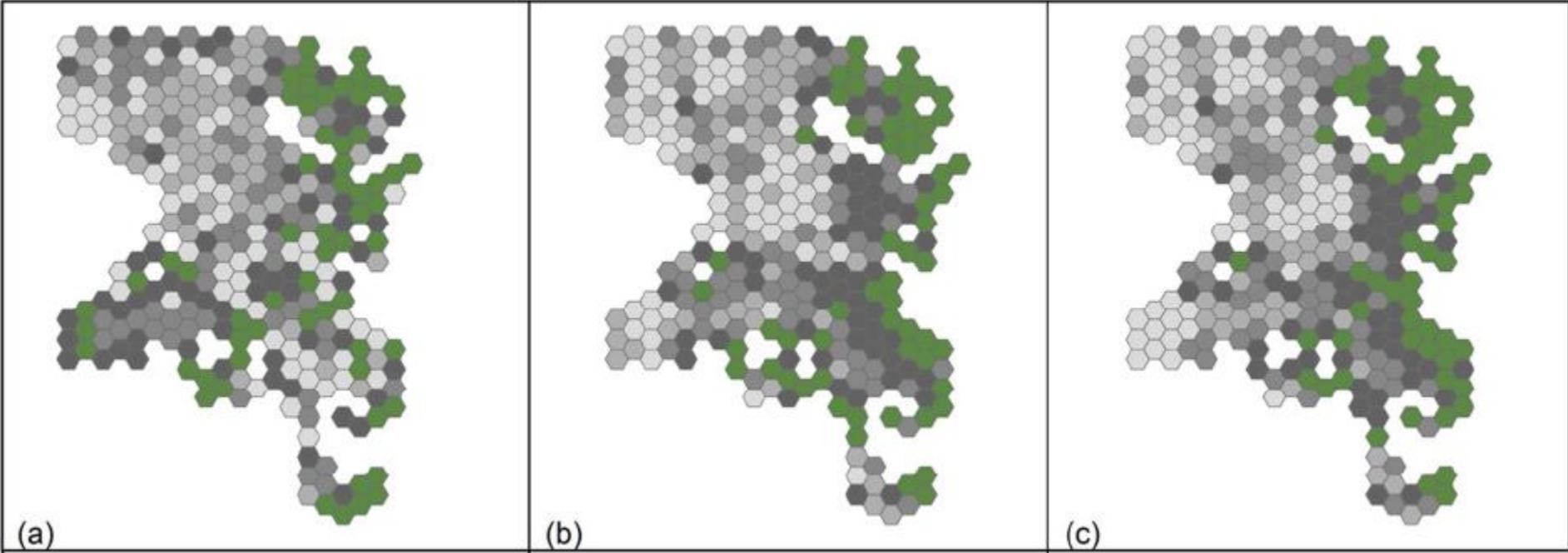


Importância Temporal: Histórico da paisagem



Importância Temporal: Histórico da paisagem

Mudanças da paisagem: débito de extinção X crédito de recolonização



(a)

(b)

(c)

Urgência

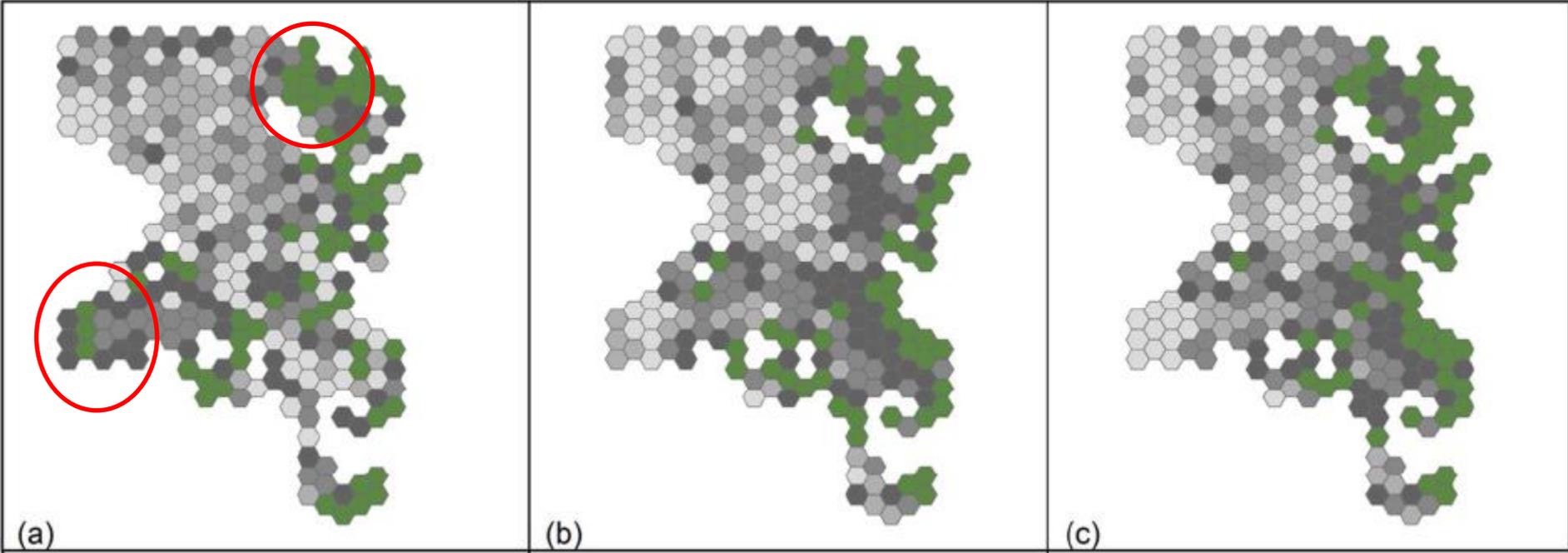
Exequibilidade

Importância regional



Importância Temporal: Histórico da paisagem

Mudanças da paisagem: débito de extinção X crédito de recolonização



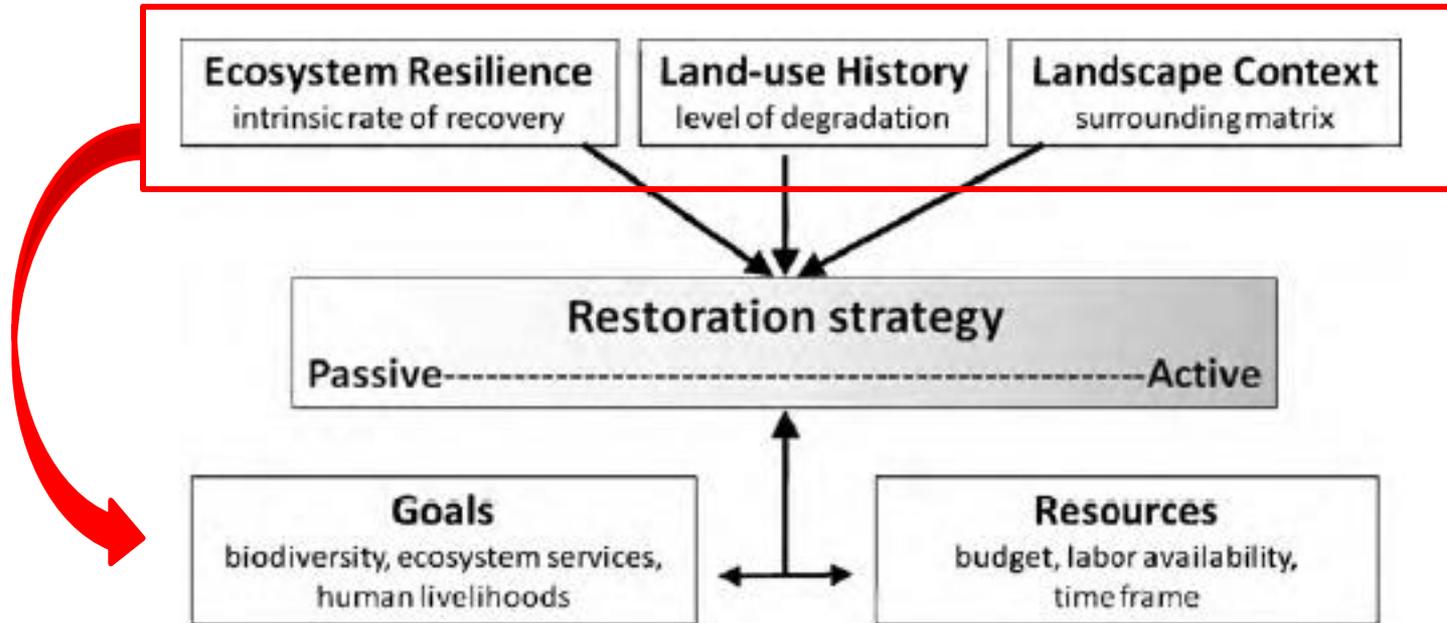
Urgência

Exequibilidade

Importância regional



Fatores importantes para o planejamento da restauração



Evolução dos projetos de restauração

Novos desafios: inclusão da diversidade genética

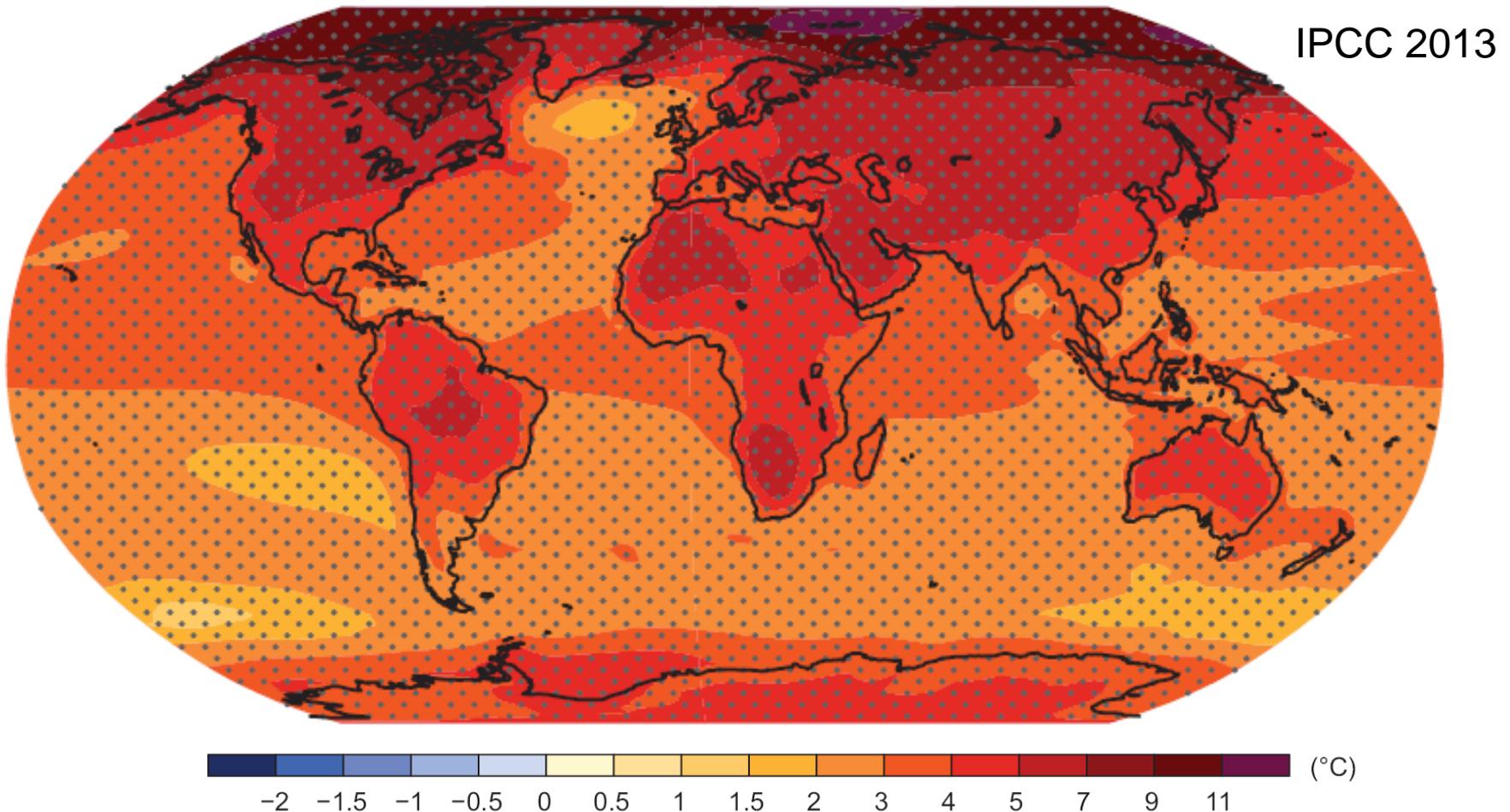
- Fragmentação e isolamento
- Baixa diversidade gênica
- Maior suscetibilidade à variações ambientais

Evolução dos projetos de restauração

Novos desafios: inclusão de cenários de mudanças climáticas no planejamento da restauração

Previsões de mudanças climáticas

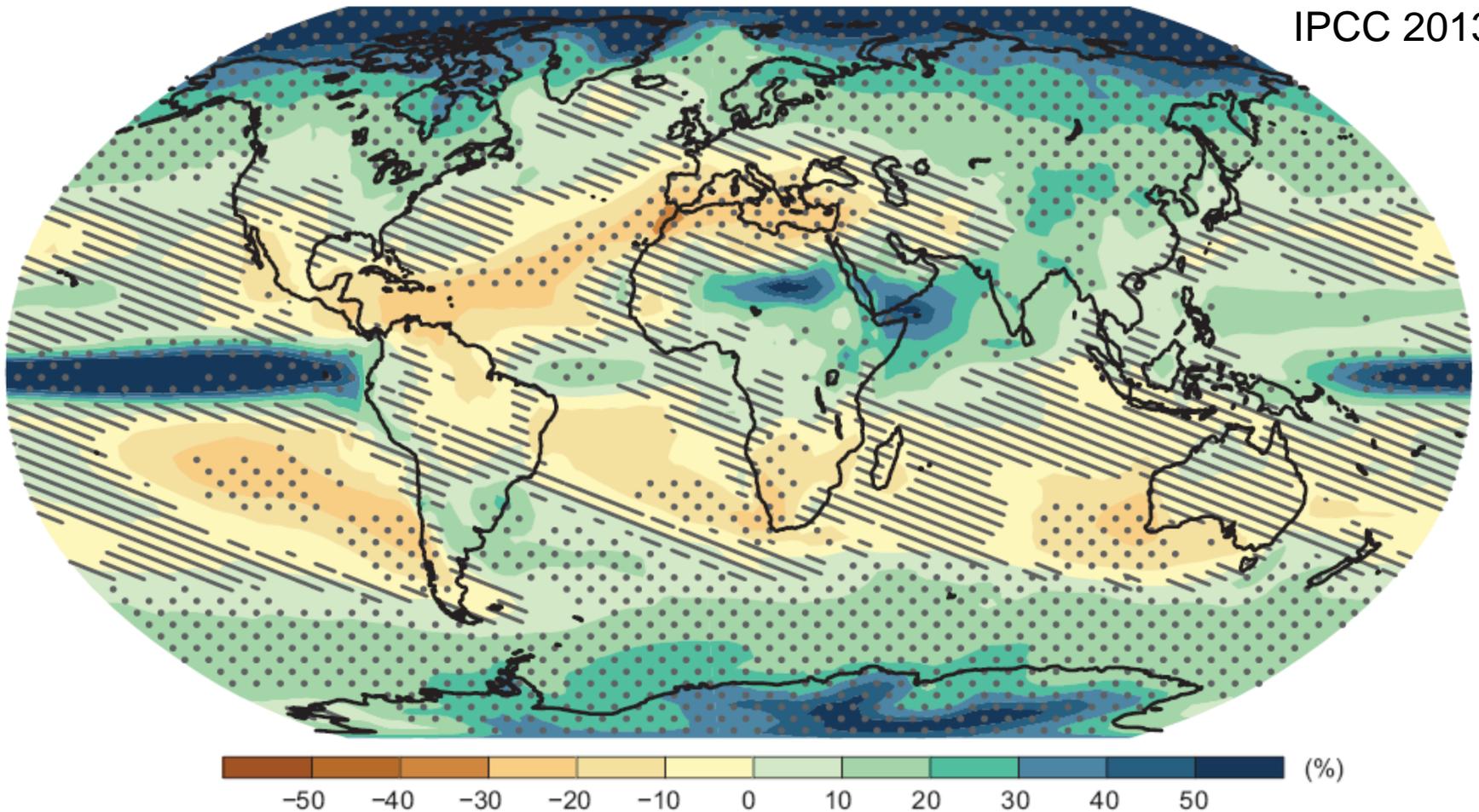
Mudança na temperatura média até 2100 (RCP 8.5)



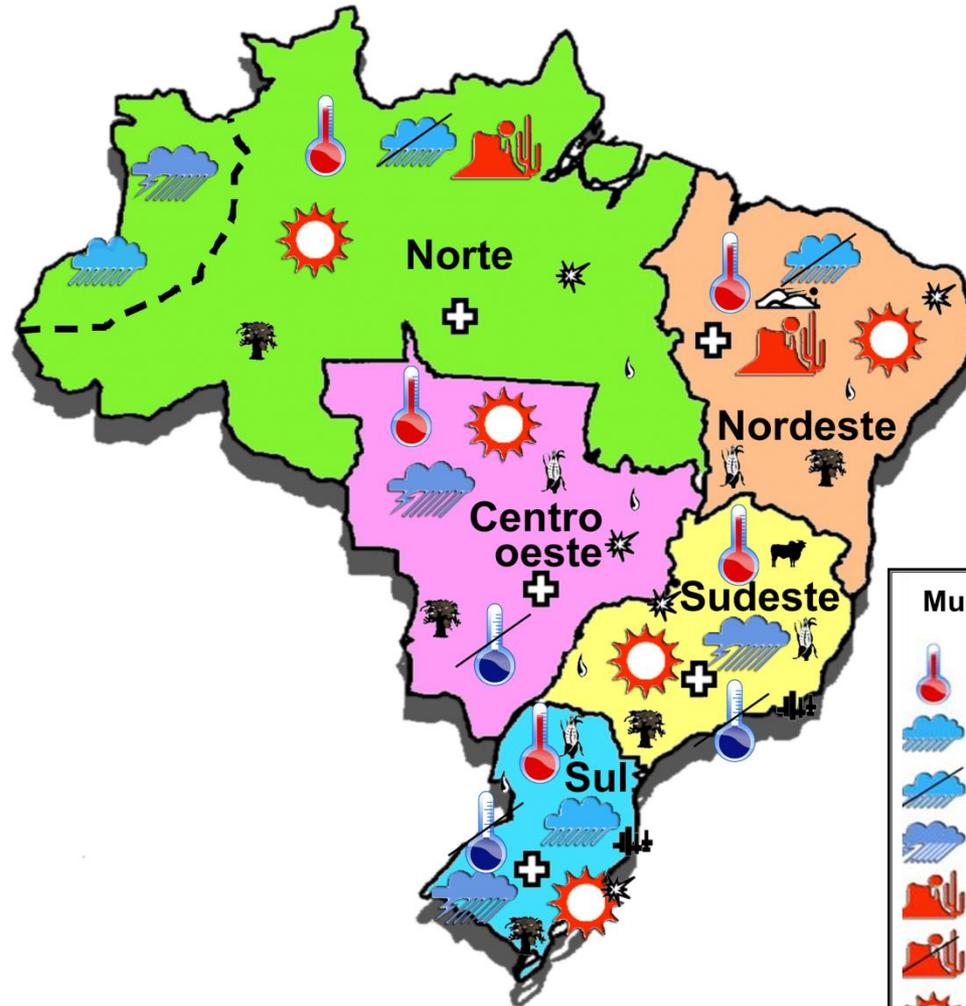
Previsões de mudanças climáticas

Mudança na precipitação média até 2100 (RCP 8.5)

IPCC 2013



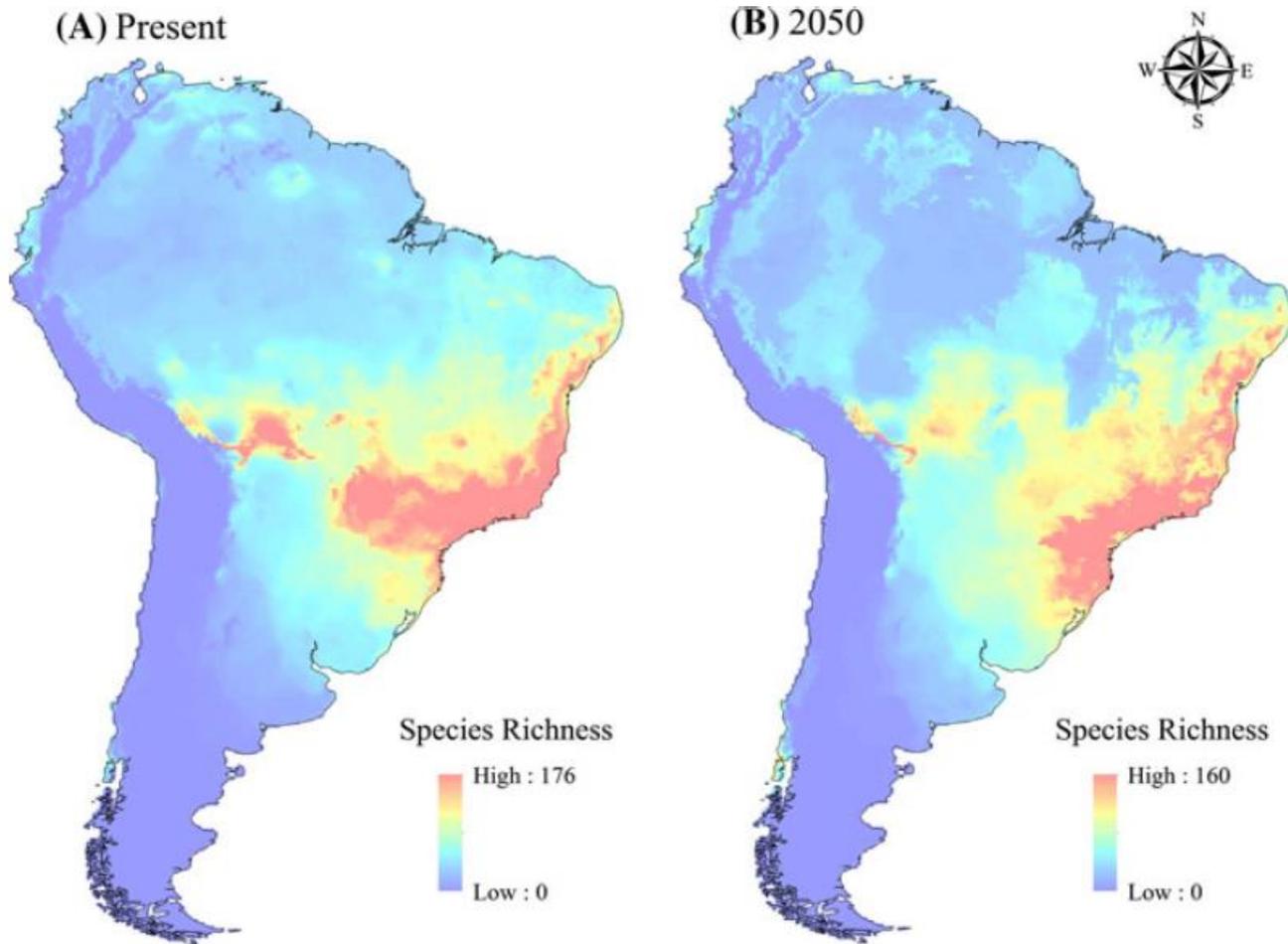
Previsões de mudanças climáticas



Efeitos das mudanças sobre espécies de anfíbios

430 spp

(Lemes et al. 2014 – Biodivers. Conserv)



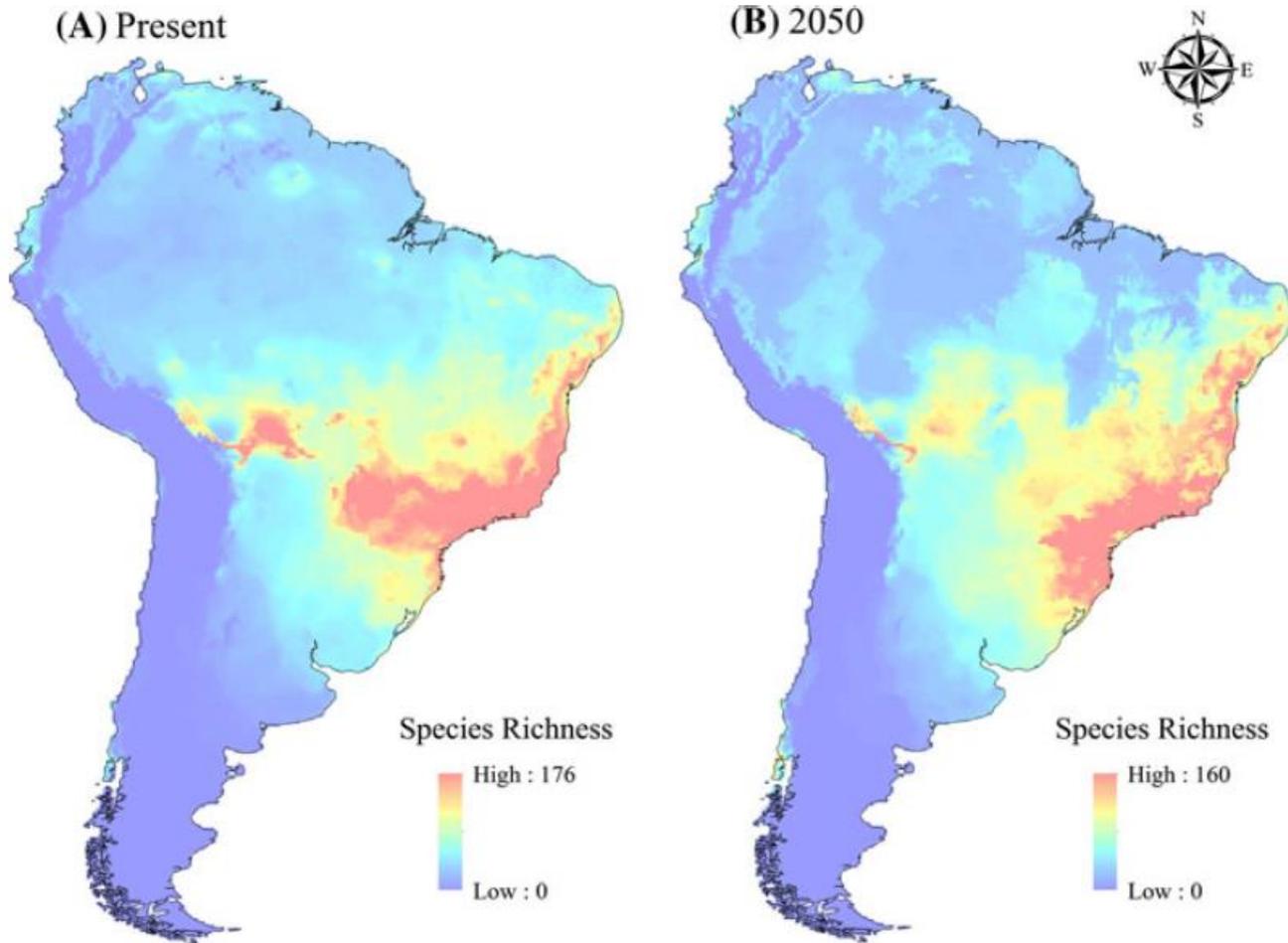
Efeitos das mudanças sobre espécies de anfíbios

430 spp

(Lemes et al. 2014 – Biodivers. Conserv)

Redução da riqueza de spp mesmo nas áreas central e sudeste

Perda de grande número de spp nas regiões norte e sul

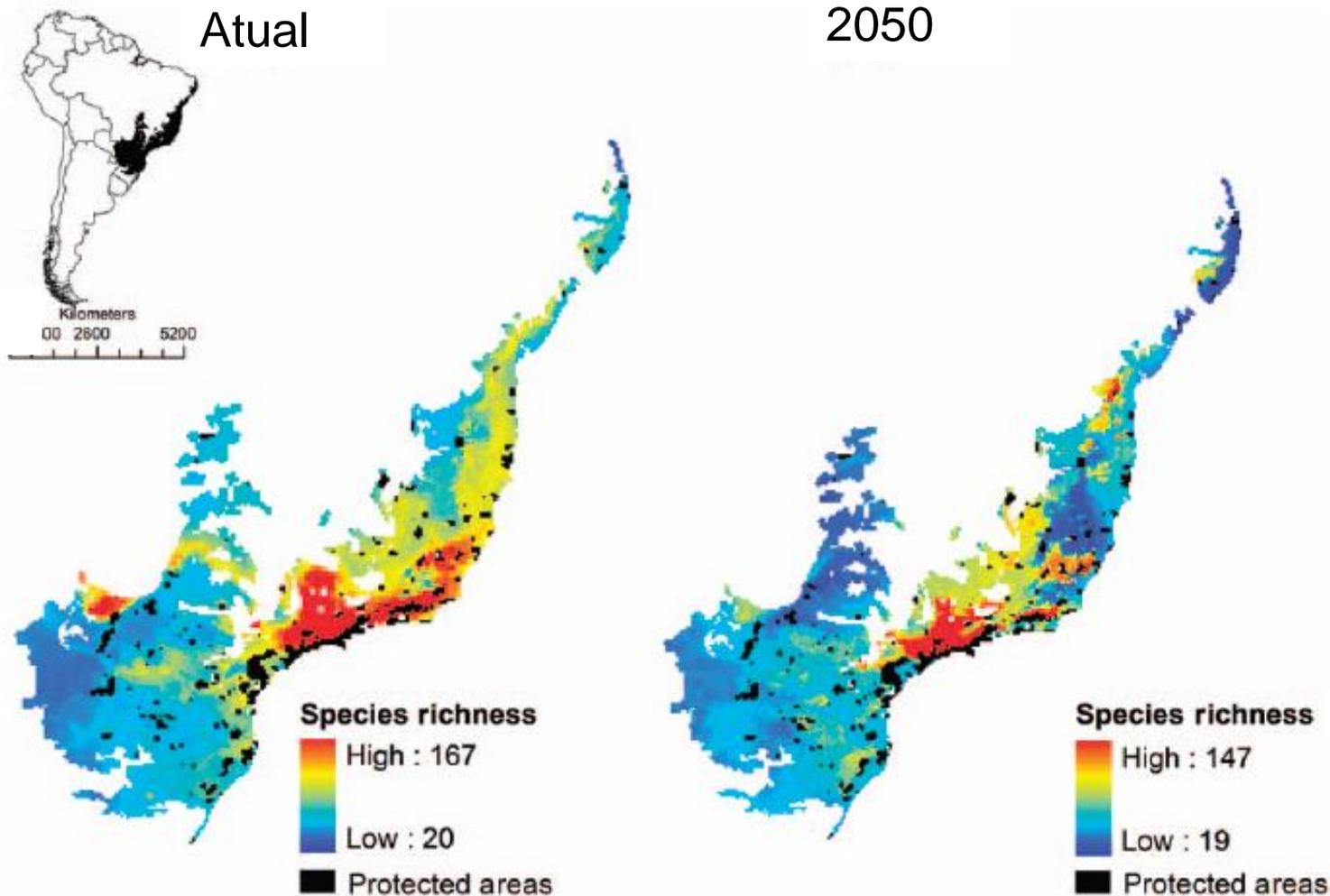


Efeitos das mudanças sobre espécies de anfíbios

430 spp

(Loyola et al. 2014 – Biodivers. Conserv)

Perda de spp nas áreas protegidas da Mata Atlântica



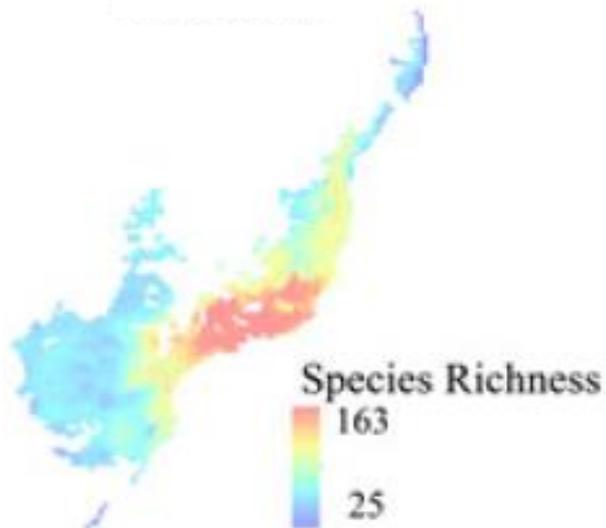
Efeitos das mudanças sobre espécies de anfíbios

Perda de spp nas áreas protegidas (Loyola et al. 2014 – Biodivers. Conserv)

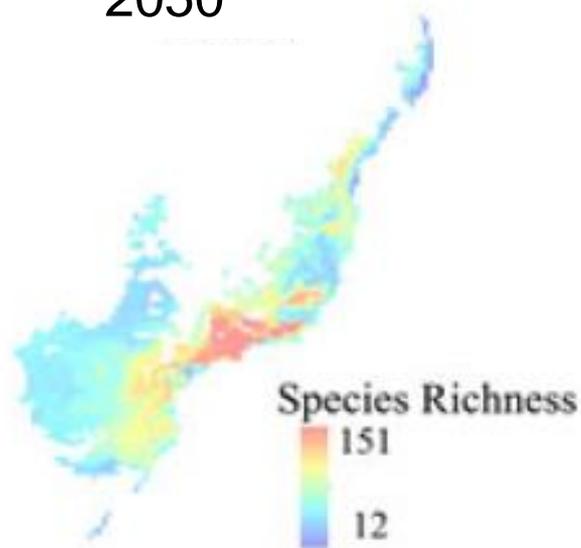
Substituição de spp ao longo da Mata Atlântica

(Lemes et al. 2014 – Biodivers. Conserv)

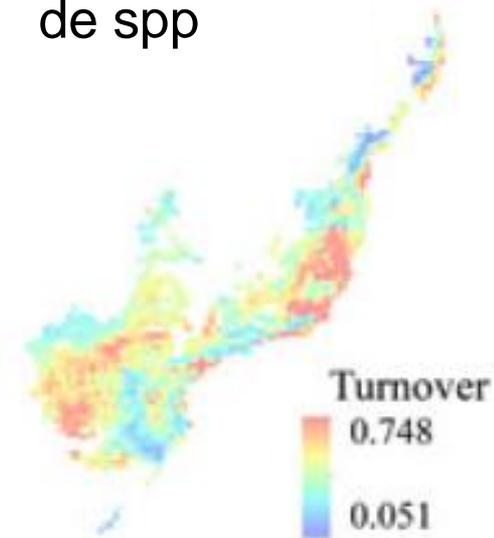
Atual



2050



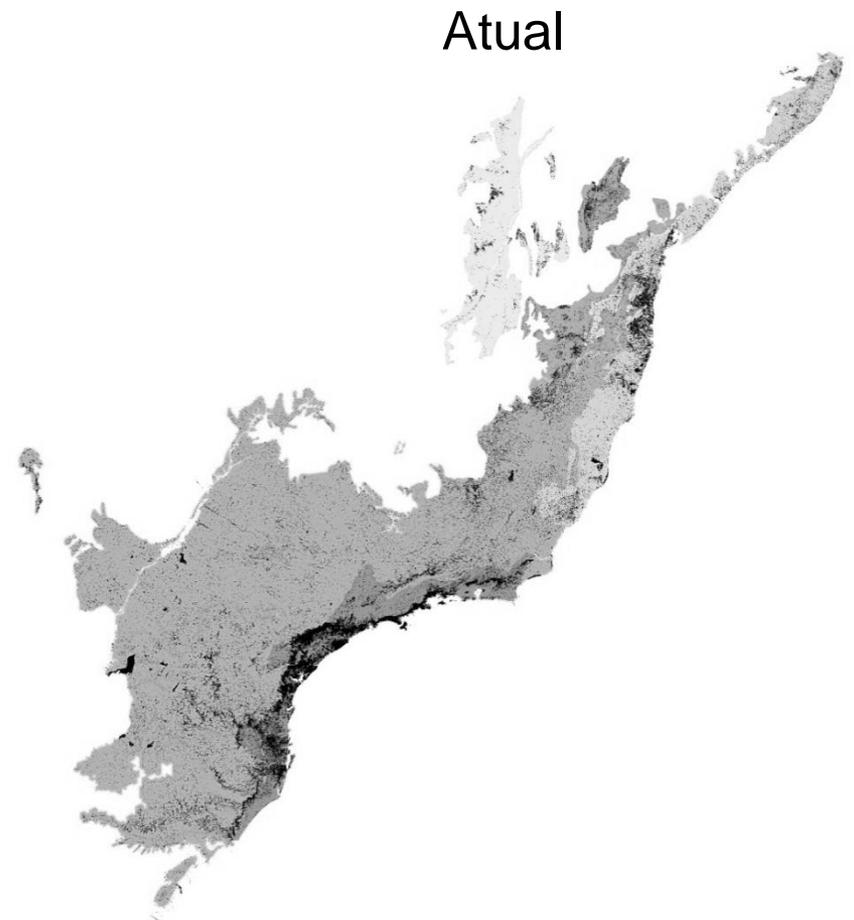
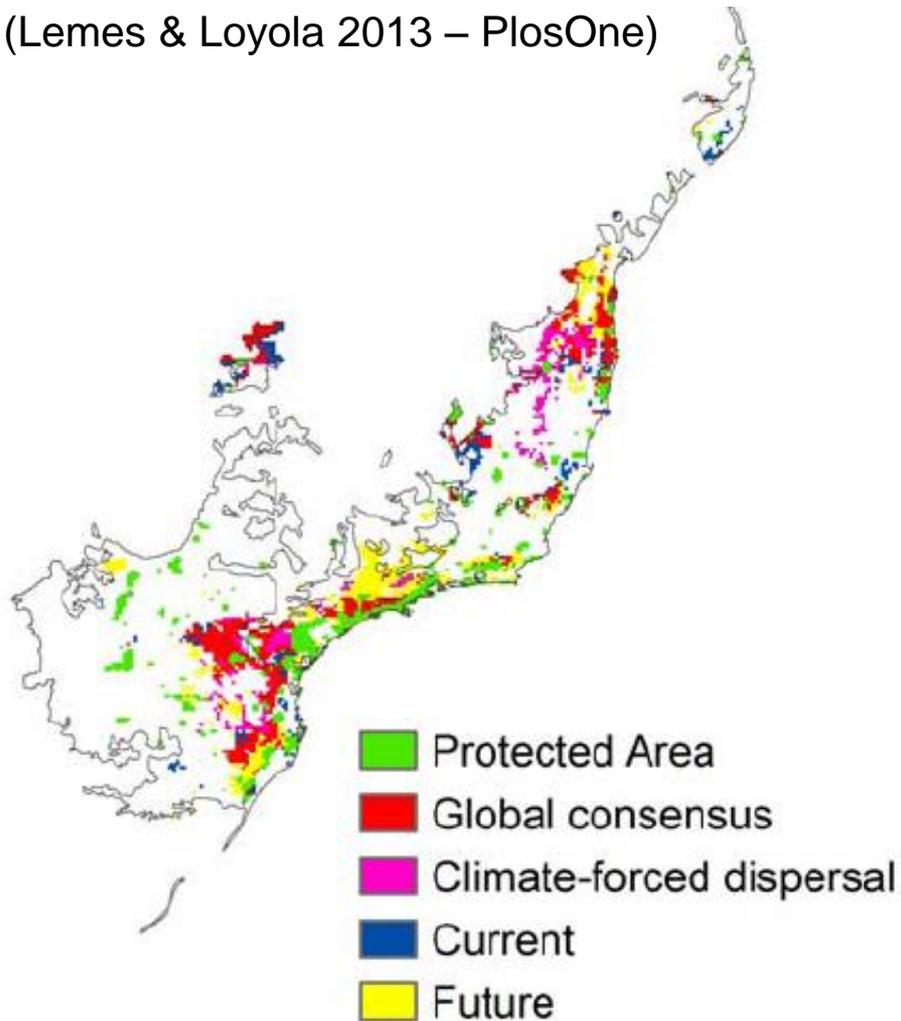
Substituição de spp



Efeitos das mudanças sobre espécies de anfíbios

Deslocamento nas áreas de distribuição

(Lemes & Loyola 2013 – PlosOne)



Efeitos das mudanças sobre espécies de anfíbios

Deslocamento nas áreas de distribuição

Planejar a restauração pensando em reservas futuras?

Área de habitat adequada + Permitir a migração das spp

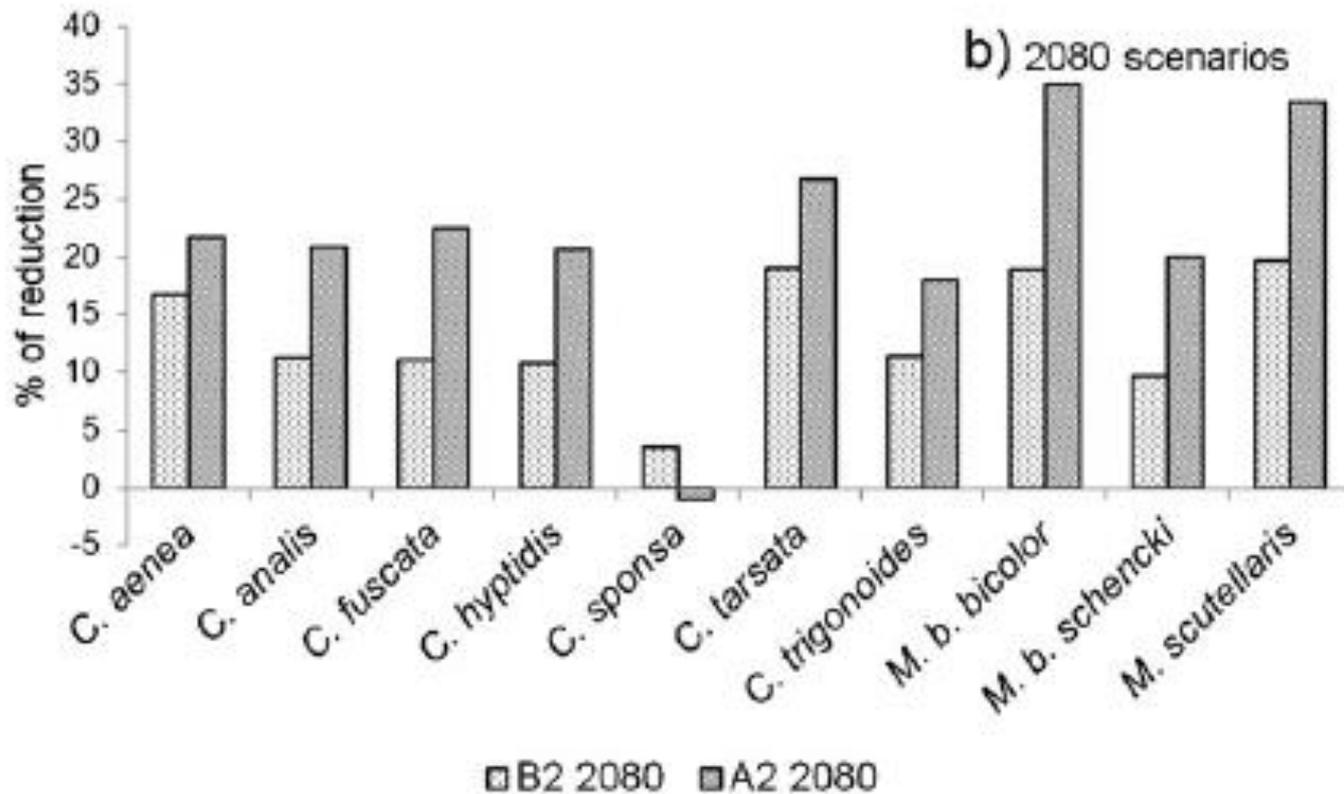
(Lemes & Loyola 2013 – PlosOne)



Efeitos das mudanças sobre espécies abelhas nativas

- Valor da polinização estimado em 9,5% da produção agrícola mundial
- Ciclo diário de forrageamento está relacionado com a temperatura e a umidade
- Redução da área de distribuição de spp em cenários futuros

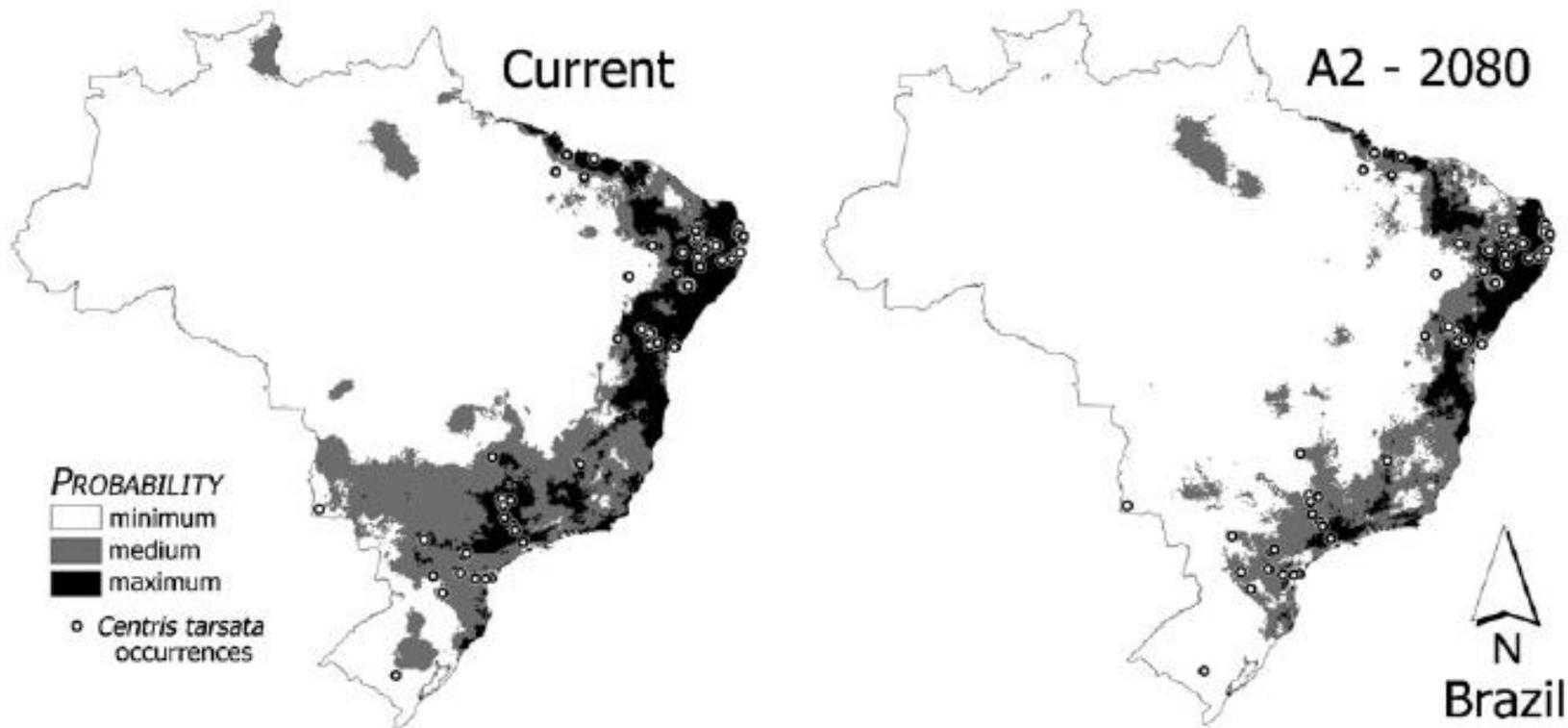
(Giannini et al. 2012– Ecological Modelling)



Efeitos das mudanças sobre espécies abelhas nativas

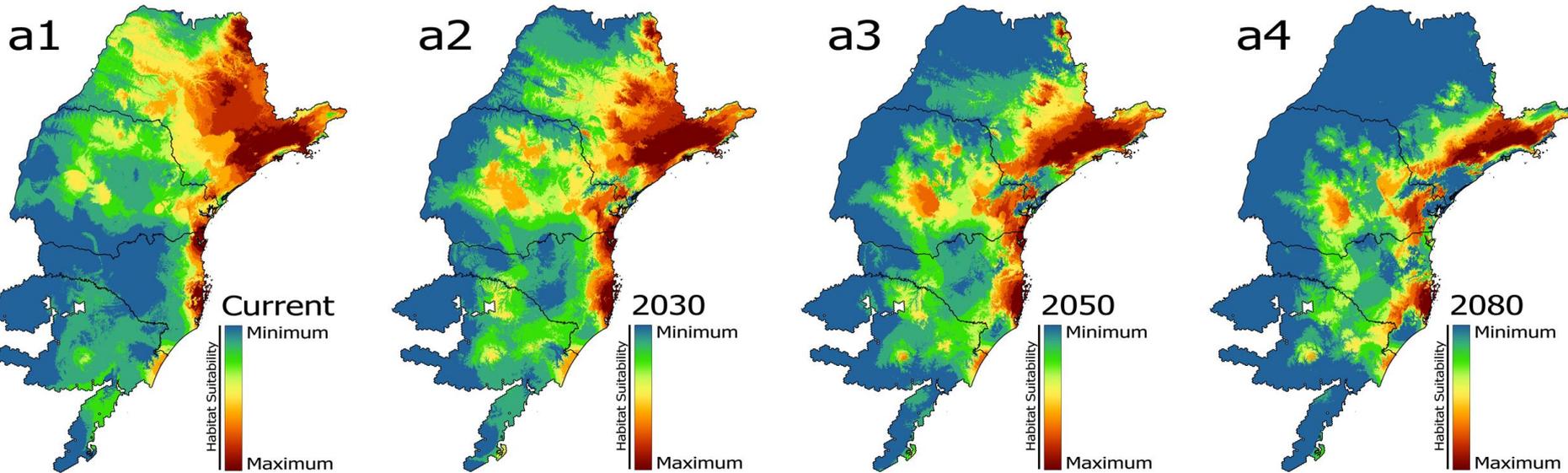
- Redução da área de distribuição de *Centris tarsata*
- Importante polinizador de culturas agrícolas (acerola, murici e tamarindo)

(Giannini et al. 2012– Ecological Modelling)



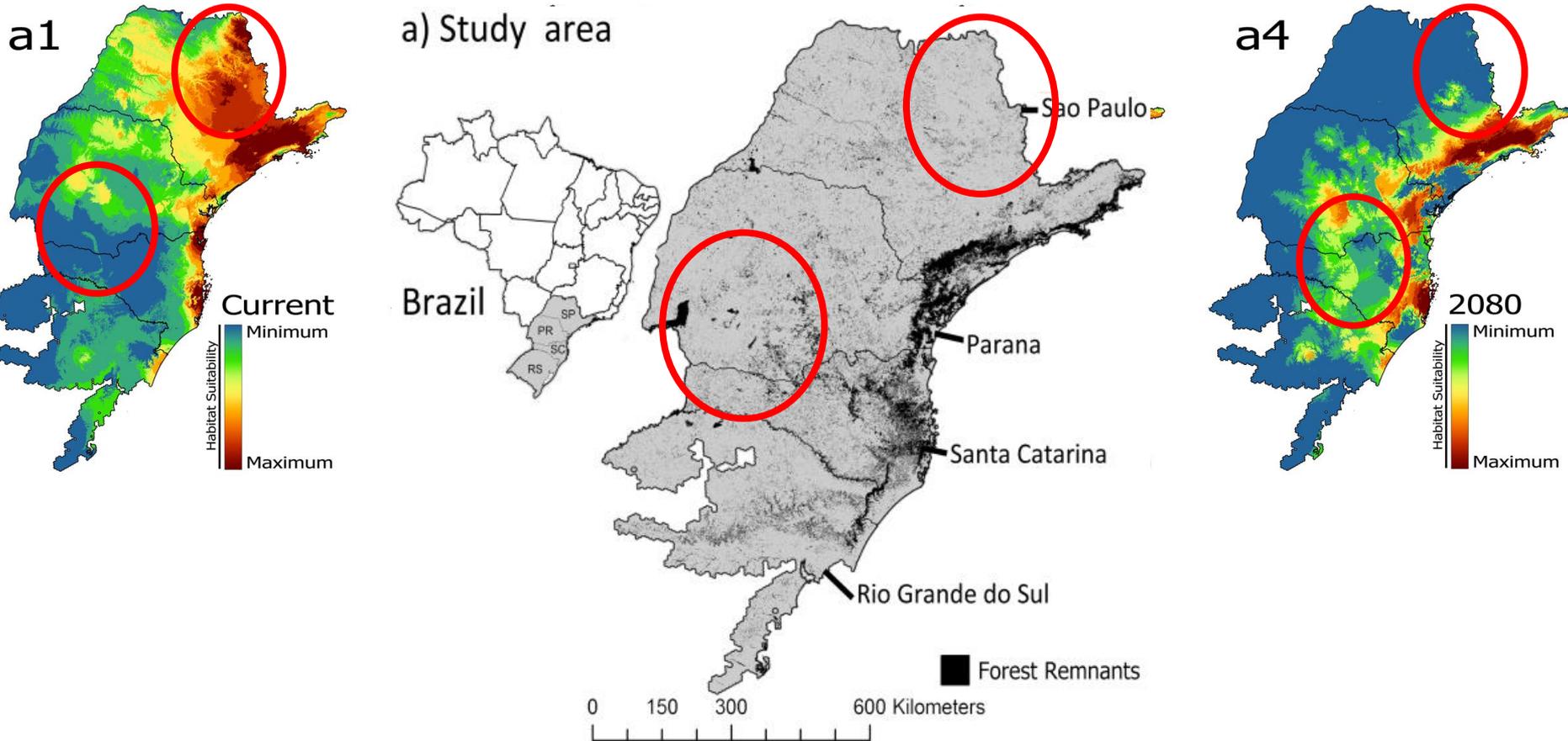
Efeitos das mudanças sobre espécies abelhas nativas

- Redução e deslocamento da área de distribuição de *Melipona quadrifasciata*
- Importante polinizador de culturas agrícolas (maracujá)



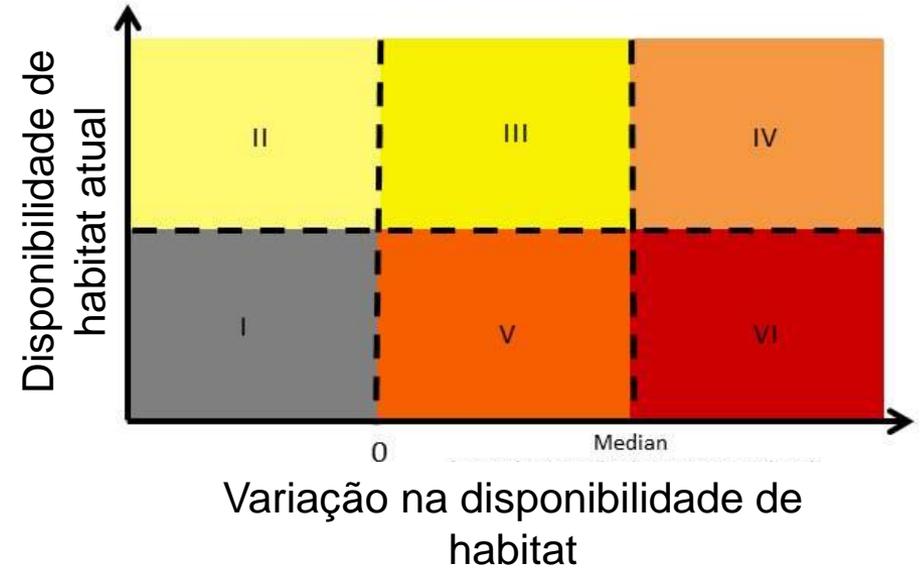
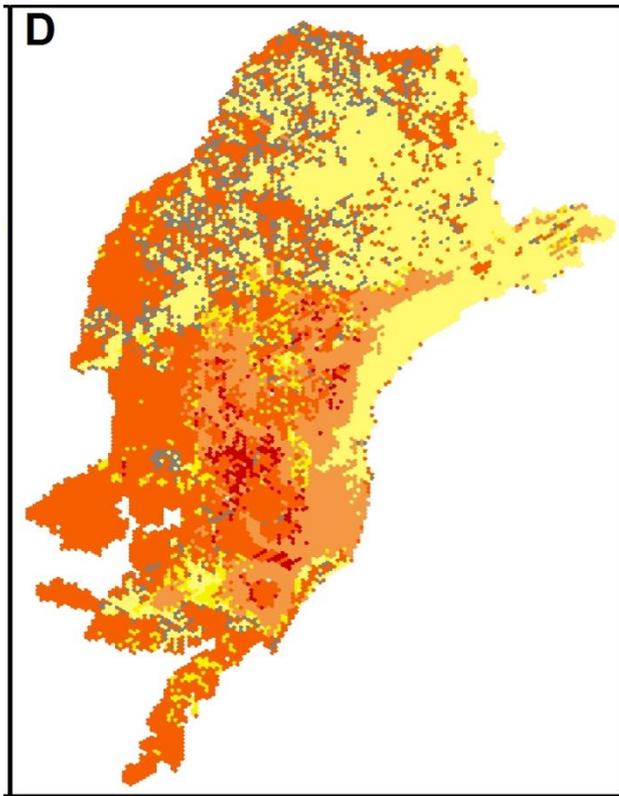
Efeitos das mudanças sobre espécies abelhas nativas

- Redução e deslocamento da área de distribuição de *Melipona quadrifasciata*
- Importante polinizador de culturas agrícolas (maracujá)



Efeitos das mudanças sobre espécies abelhas nativas

- Planejamento de corredores futuros e de possíveis zonas fonte de indivíduos



Suggested strategies

I- No action

III- Low priority for restoration, long-term conservation

V- Intermediate priority for restoration

II- Short-term conservation

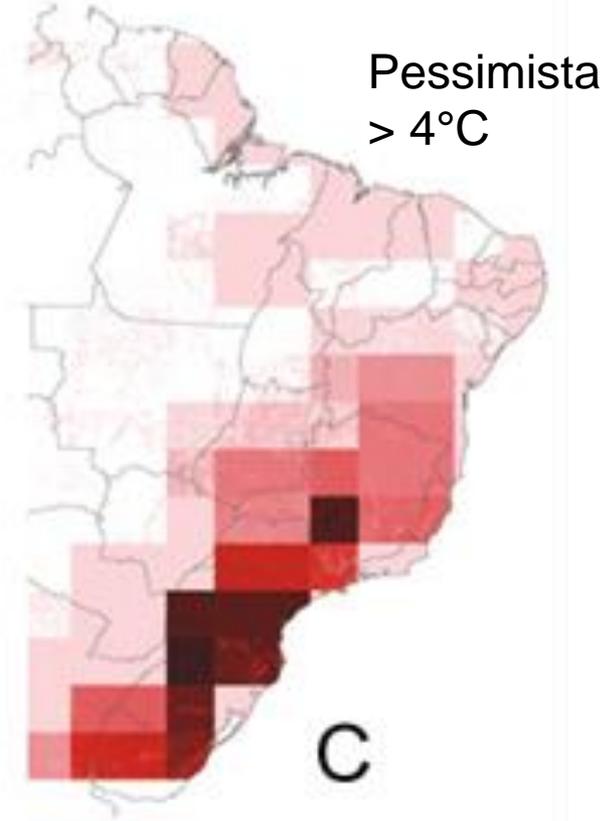
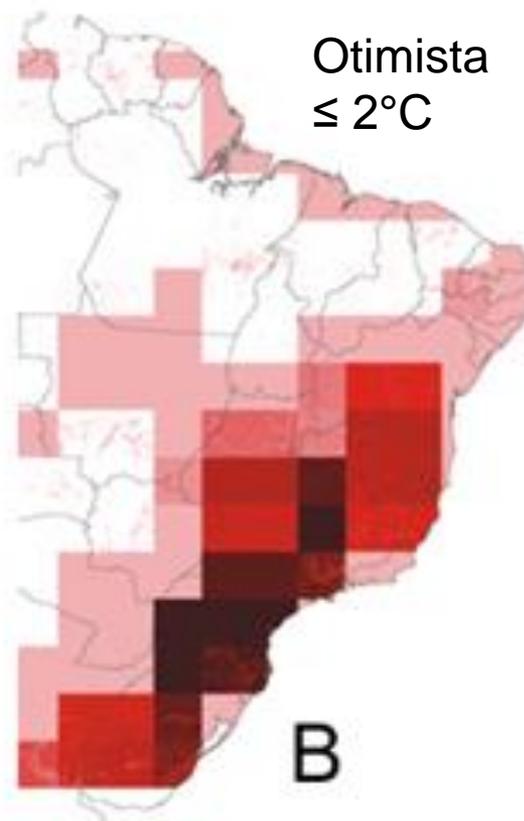
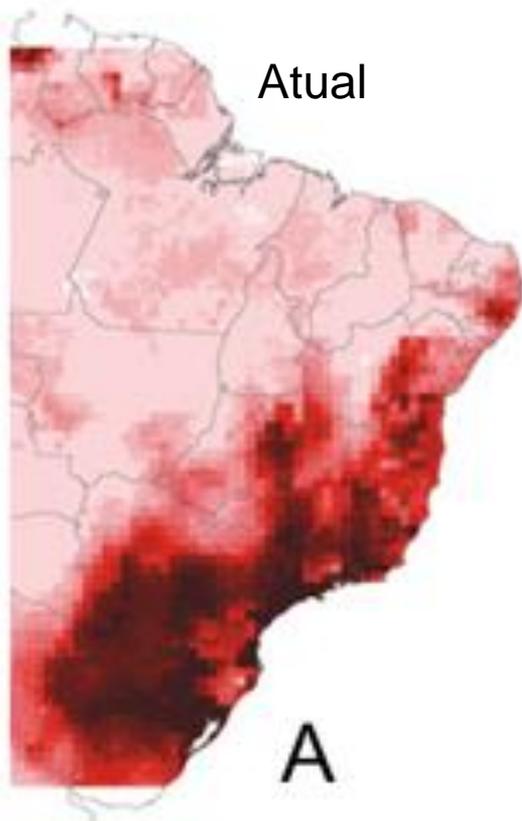
IV- Long-term conservation

VI- High priority for restoration

Efeitos das mudanças sobre espécies de plantas nativas

38 espécies arbóreas (Colombo & Joly 2010 – Braz. J. Biol.)

- Riqueza de espécies +



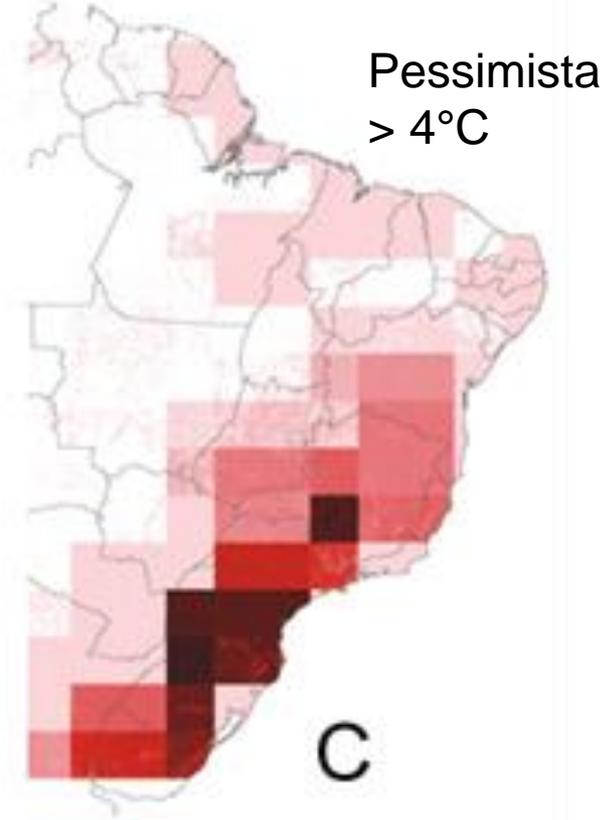
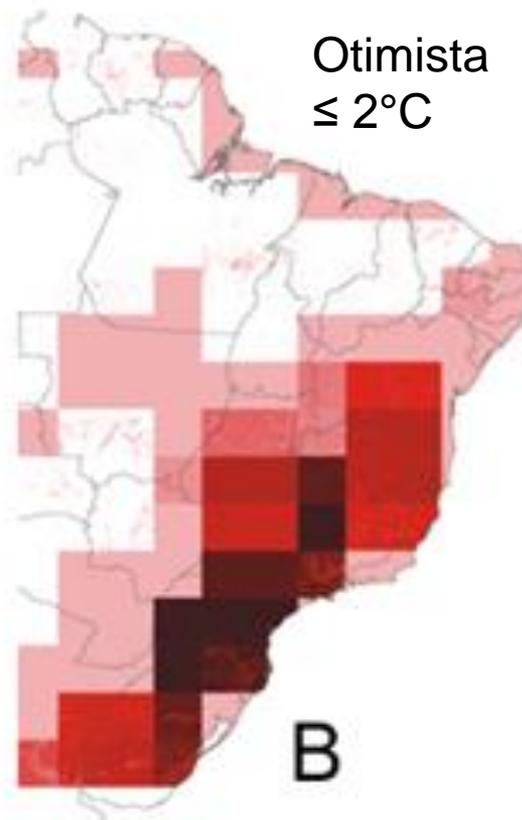
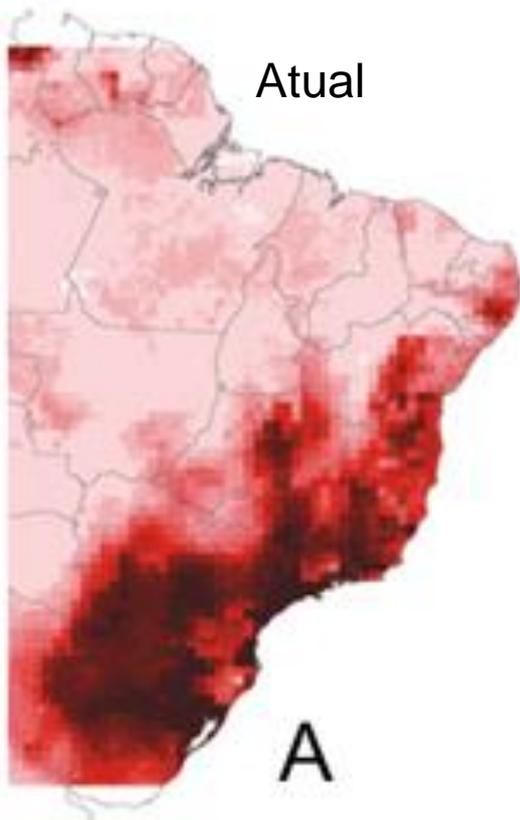
Efeitos das mudanças sobre espécies de plantas nativas

38 espécies arbóreas (Colombo & Joly 2010 – Braz. J. Biol.)

- Riqueza de espécies +

32 spp – redução de área
2 spp – redução >50%

38 spp – redução de área
19 spp – redução >50%

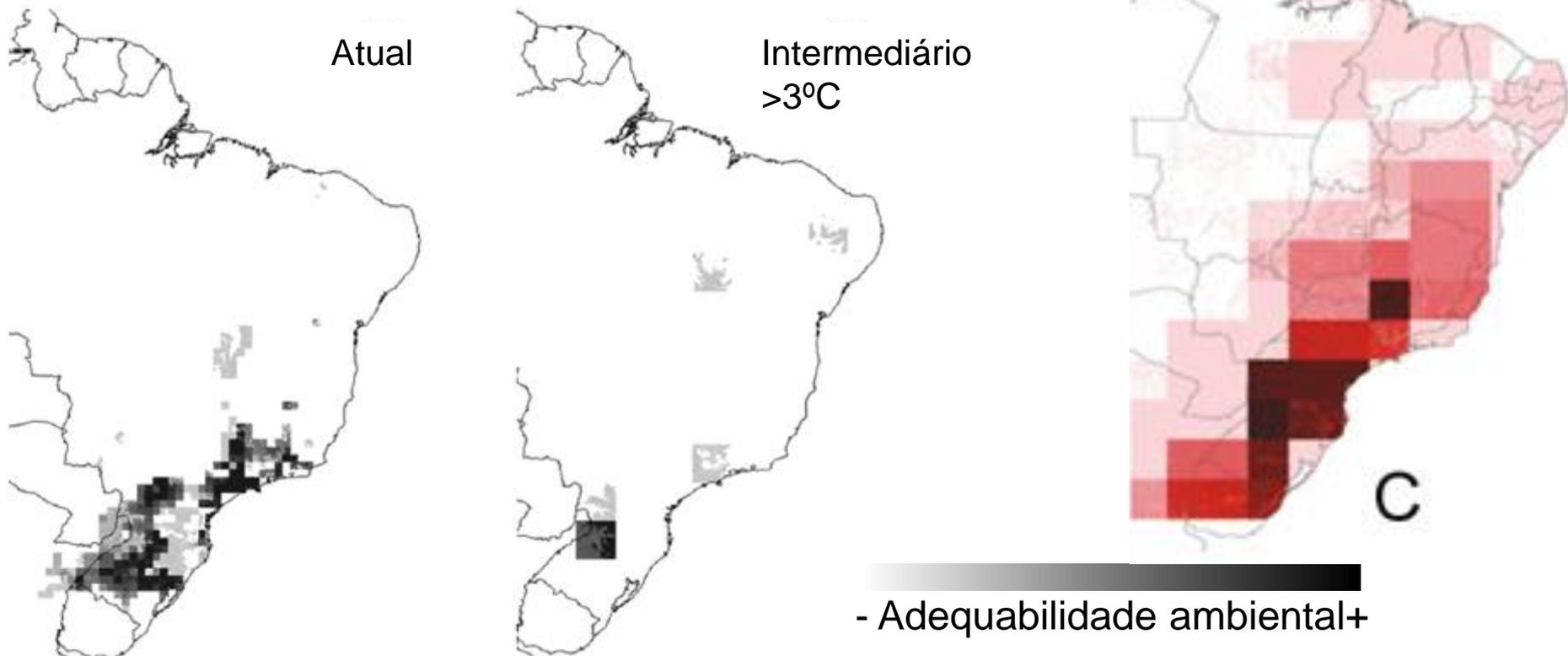


Efeitos das mudanças sobre espécies de plantas nativas

Vochysia magnifica (Colombo & Joly 2010 – Braz. J. Biol.)

Redução da distribuição: até 72,8%

Tendência de deslocamento para as regiões Sul e Sudeste

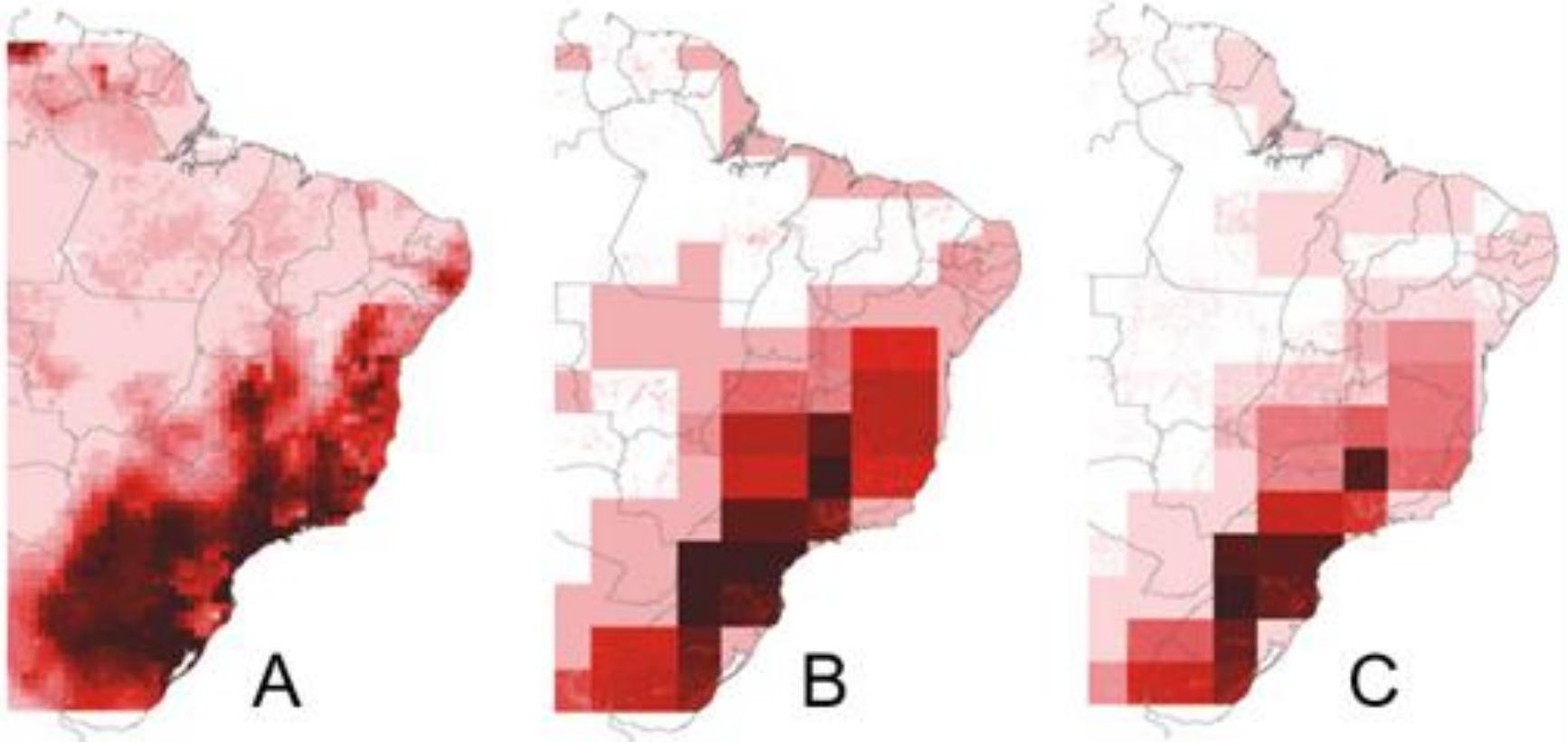


Efeitos das mudanças sobre espécies de plantas nativas

Quais espécies utilizar em ações de restauração atualmente?

Adequadas às condições atuais

Resistentes às condições futuras nas diferentes regiões



Finalizando

- O campo da restauração passou por grandes evoluções teóricas e técnicas, especialmente nas últimas 3 décadas

Ainda precisamos:

- Incorporar os fatores ecológicos, econômicos e sociais para o planejamento da restauração
- Considerar as condições locais e regionais durante o planejamento da restauração
- Ampliar o conhecimento sobre restauração de outras fisionomias
- Viabilizar a restauração em larga escala
- Mais estudos e avanços para incorporar as mudanças climáticas na restauração ecológica

Monitoramento!!

Obrigado!



Leandro Reverberi Tambosi
letambosi@yahoo.com.br