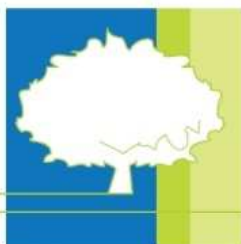


Situação dos indicadores universais



Laboratório de Ecologia e Hidrologia Florestal
Floresta Estadual de Assis, Instituto Florestal
Cx. Postal 104, 13802-970 Assis, SP Fone/fax: 16-33251056

Giselda Durigan

**Laboratório de Ecologia e Hidrologia Florestal
Instituto Florestal, Floresta Estadual de Assis**

O que são indicadores?

São variáveis perfeitamente identificáveis que podem ser utilizadas para avaliar se determinada situação está dentro ou não do esperado e que apontam para as correções que devem ser feitas para melhorar a situação.

O que são indicadores ecológicos?

São variáveis perfeitamente identificáveis que podem ser utilizadas para avaliar a condição atual do ecossistema, monitorar tendências de modificação no tempo ou direcionar ações de manejo.

Qual é a finalidade do monitoramento?

**Científica
(estudos
ecológicos)**

**Prática
(decisões
de manejo)**

**Legal
(cumprimento
de contratos)**

Escolha de indicadores

**Indicadores só fazem sentido se avaliados
mediante objetivos ou metas!!!**

**Em recuperação de ecossistemas as metas
devem ser estabelecidas para cada projeto,
com base no que é possível para cada situação
(Ehrenfeld, 2000; Miller & Hobbs 2007)**

**Em projetos de restauração as metas podem ir além dos
aspectos ecológicos...**

META: O que é um ecossistema restaurado?

Um ecossistema restaurado deve ter (SER 2004):

- 1. Diversidade e estrutura semelhantes ao ecossistema de referência**
- 2. Predominância de espécies nativas**
- 3. Presença de todos os grupos funcionais necessários para a estabilidade**
- 4. Ambiente capaz de suportar populações reprodutivas**
- 5. Funcionamento normal**
- 6. Integração com a paisagem**
- 7. Ameaças controladas**
- 8. Resiliência a distúrbios**
- 9. AUTO-SUSTENTABILIDADE**

Um ecossistema restaurado deve ter (SER 2004):

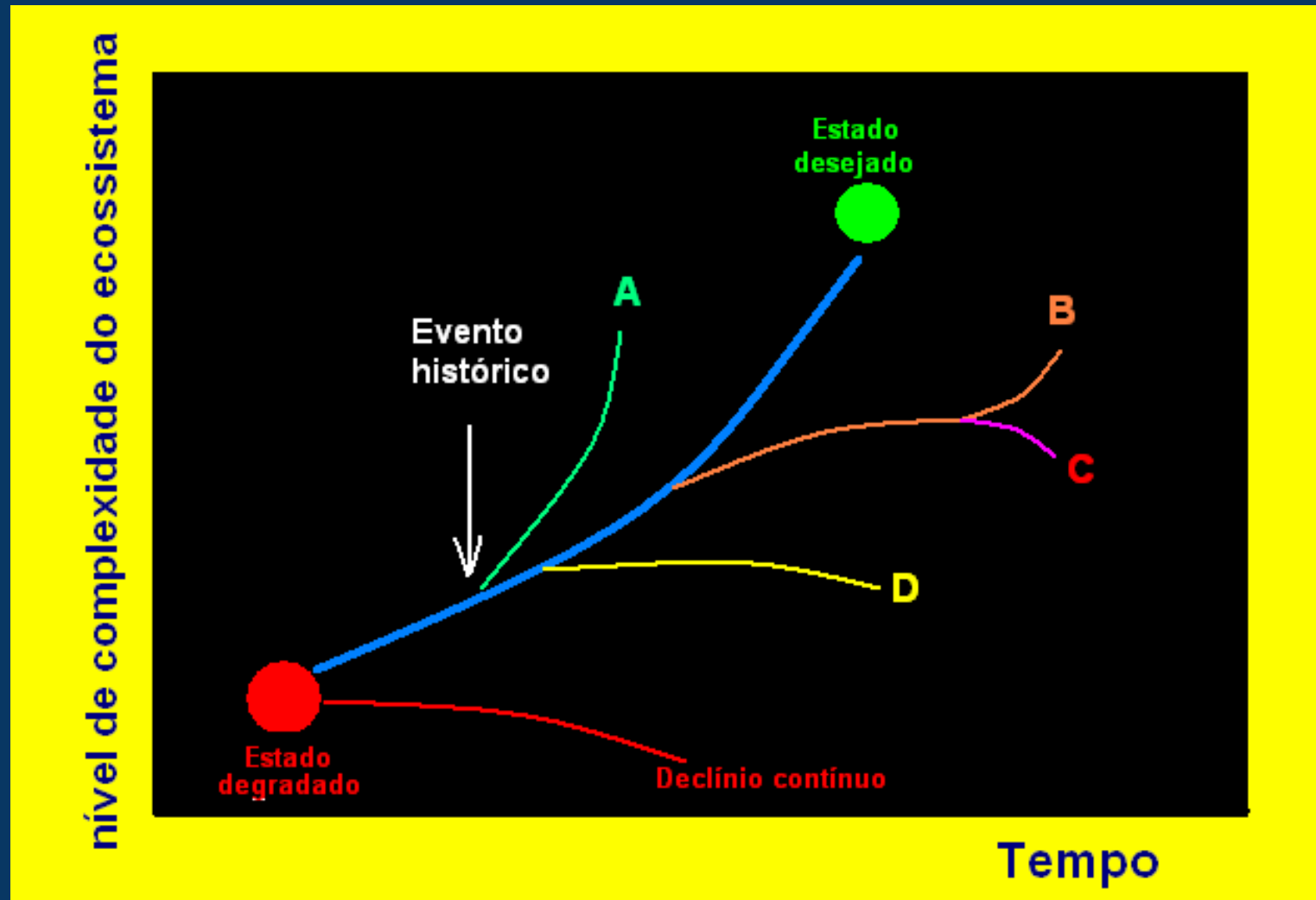
1. Diversidade e estrutura semelhantes ao ecossistema de referência

Qual deve ser o ecossistema de referência?

1. Uma mata primária em UC?
2. Um fragmento com área semelhante à área restaurada?
3. Um ecossistema que se recuperou por regeneração natural na mesma região?
4. Um modelo que represente a trajetória esperada ao longo do tempo para ecossistemas em restauração em condições semelhantes?

Sugestão: mais de uma referência, em diferentes estágios sucessionais (Ruiz-Jaen & Aide 2005)

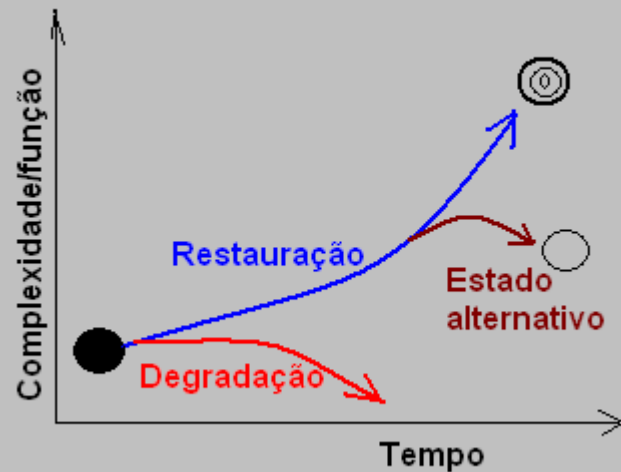
ESTADOS ALTERNATIVOS ESTÁVEIS



BEF: Biodiversity – Ecosystem Function

BIODIVERSIDADE - FUNCIONAMENTO

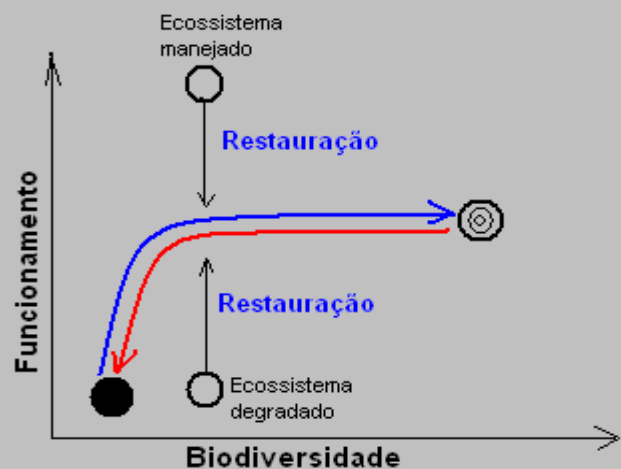
PERSPECTIVA DA COMUNIDADE



PERSPECTIVA DO ECOSISTEMA



BIODIVERSIDADE - FUNCIONAMENTO



A composição de espécies é imprevisível, mas a estrutura e o funcionamento são previsíveis!!!

Um ecossistema restaurado deve ter (SER 2004):

2. Predominância de espécies nativas

Exóticas facilitadoras e não invasoras podem ser admitidas?

Espécies plantadas que não deixam descendentes devem ser contabilizadas?

Um ecossistema restaurado deve ter (SER 2004):

3. Presença de todos os grupos funcionais necessários para a estabilidade

Quais grupos funcionais são necessários?

**Ritmo de crescimento? dispersão? fixação de N? Deciduidade?
Tolerância à sombra?**

Um ecossistema restaurado deve ter (SER 2004):

4. Ambiente capaz de suportar populações reprodutivas

Área suficiente para manter populações geneticamente viáveis?

(a pequena área da maioria dos projetos inviabiliza tal requisito para a maioria das espécies de plantas e animais)

Um ecossistema restaurado deve ter (SER 2004):

5. Funcionamento normal

Acúmulo de biomassa igual à sucessão secundária?

Taxas de imigração e extinção iguais às dos ecossistemas naturais?

Taxas de mortalidade e recrutamento iguais às naturais?

Dinâmica de clareiras?

Deposição de serapilheira?

Um ecossistema restaurado deve ter (SER 2004):

6. Integração com a paisagem

Proporcionar conectividade?

Priorizar zona ripária?

Harmonizar com a matriz?

(nem sempre há escolha no desenho de um projeto)

Um ecossistema restaurado deve ter (SER 2004):

7. Ameaças controladas

Fogo

Gado

Invasões biológicas

Erosão

Risco de inundação e soterramento

Efeitos de borda (?)

Um ecossistema restaurado deve ter (SER 2004):

8. Resiliência a distúrbios

Capacidade de sobreviver ou se regenerar após:

Vendavais?

Secas prolongadas?

Geadas?

Deslizamentos?

Um ecossistema restaurado deve ter (SER 2004):

8. AUTO-SUSTENTABILIDADE

Imigração \geq Extinção

Taxa de Mortalidade = Taxa de Recrutamento

Equabilidade estável (sem monodominância)

Resistência a invasões biológicas

Biomassa estável, semelhante à referência

O que é um ecossistema restaurado?

Um ecossistema restaurado deve ter (SER 2004):

1. Diversidade e estrutura semelhantes ao ecossistema de referência (nível de riqueza? Formas de vida? Grupos funcionais?) **(referência a definir segundo a meta)**
2. Presença de espécies nativas
3. Presença de todos os grupos funcionais necessários para a estabilidade
4. Ambiente capaz de suportar populações reprodutivas
5. Funcionamento normal
6. Integração com a paisagem **(avaliação do projeto)**
7. Ameaças controladas **(checagem em campo, objeto de manejo)**
8. Resiliência a distúrbios
9. **AUTO-SUSTENTABILIDADE (quando e como avaliar???)**

**A restauração estará
concluída quando o
ecossistema tiver
recuperado a resiliência**

(SER 2002; Walker et al. 2002)

O que pode ser avaliado em projetos de restauração ecológica ou recuperação de áreas degradadas?

**Composição, estrutura e função do ecossistema em restauração
(Dale & Beyeler 2001; Ruiz-Jaen & Aide 2005)**



INDICADORES UNIVERSAIS??

A hierarquia ecológica: representação triangular das características-chaves de composição, estrutura e função (Franklin 1988; Noss 1990)

PAISAGEM/REGIÃO: heterogeneidade espacial, tamanho, forma e distribuição de fragmentos, fragmentação, conectividade

ECOSSISTEMA/COMUNIDADE: condições do solo e substrato, declividade, biomassa viva e morta, abertura da copa, clareiras, abundância e variação de ambiente físico, presença e distribuição de água e recursos, neve

POPULAÇÃO/ESPÉCIES: dispersão, região de ocorrência, estrutura populacional, variabilidade morfológica

ESTRUTURA

COMPOSIÇÃO

FUNÇÃO

Identidade, abundância, frequência, riqueza e proporções de espécies focais, curvas de diversidade e grupos funcionais; presença e distribuição de água e recursos, neve

Identidade, distribuição, riqueza de tipos de ecossistemas em fragmentos

Identidade, abundância, frequência, riqueza e proporções de espécies focais, curvas de diversidade e grupos funcionais; presença e distribuição de água e recursos, neve

Identidade, distribuição, riqueza de tipos de ecossistemas em fragmentos

Presença, abundância, frequência, importância, cobertura, biomassa, densidade

demografia, dinâmica populacional, fisiologia, taxas de crescimento, ciclo de vida, fenologia, aclimatação, adaptação

Importância, cobertura, biomassa, densidade

demografia, dinâmica populacional, fisiologia, taxas de crescimento, ciclo de vida, fenologia, aclimatação, adaptação

Biomassa, produtividade, decomposição, herbivoria, parasitismo, predação, colonização, extermínio, ciclagem de nutrientes, sucessão, pequenos distúrbios

Persistência do fragmento, taxas de ciclagem de nutrientes e fluxo de energia, erosão, processos hidrológicos e geomórficos, distúrbios

Biomassa, produtividade, decomposição, herbivoria, parasitismo, predação, colonização, extermínio, ciclagem de nutrientes, sucessão, pequenos distúrbios

Persistência do fragmento, taxas de ciclagem de nutrientes e fluxo de energia, erosão, processos hidrológicos e geomórficos, distúrbios

Como escolher indicadores?

Requisitos para um bom indicador ecológico (Dale & Beyeler 2001):

1.FÁCIL MEDIÇÃO

2.Ser sensível a fatores que modificam o ecossistema

3.Responder a esses fatores de forma previsível

4.Possibilitar previsões sobre efeitos de stress ou ações de manejo

5.Ser “integrativo” (dublê de outras variáveis)

6.Ter baixa variabilidade na resposta

EM SÍNTESE:

**um bom indicador é fácil de aplicar,
descreve claramente o atributo do
ecossistema e representa os
processos–chaves que levam ao
sucesso ou fracasso da restauração.**

É mais fácil medir atributos estruturais que são comprovadamente relacionados com a composição e funcionamento do que medir diretamente a composição ou a função (Lindenmayer et al 2000)

Ex:

1) área basal representa biomassa, que responde pela fixação de carbono

Correlações comprovadas (entre outras):

1. A recuperação da fauna e de processos ecológicos acompanha o restabelecimento da vegetação (Toth et al 1995); Young 2000).
2. Há forte correlação entre a recuperação da estrutura da vegetação e a recuperação da avifauna (Tilghman 1987; George & Zack 2001).
3. Com a evolução estrutural da vegetação aumenta a dispersão de sementes e a disponibilidade de nutrientes (Robinson & Handel 1993; Bradshaw 1997; Rhoades et al 1998).
4. Há estreita correlação entre cobertura de copas e biomassa nos plantios jovens (Melo & Durigan 2007)

INDICADORES UNIVERSAIS

1. Composição:

taxonômica

funcional

formas de vida (espectro biológico)

2. Estrutura:

cobertura

biomassa

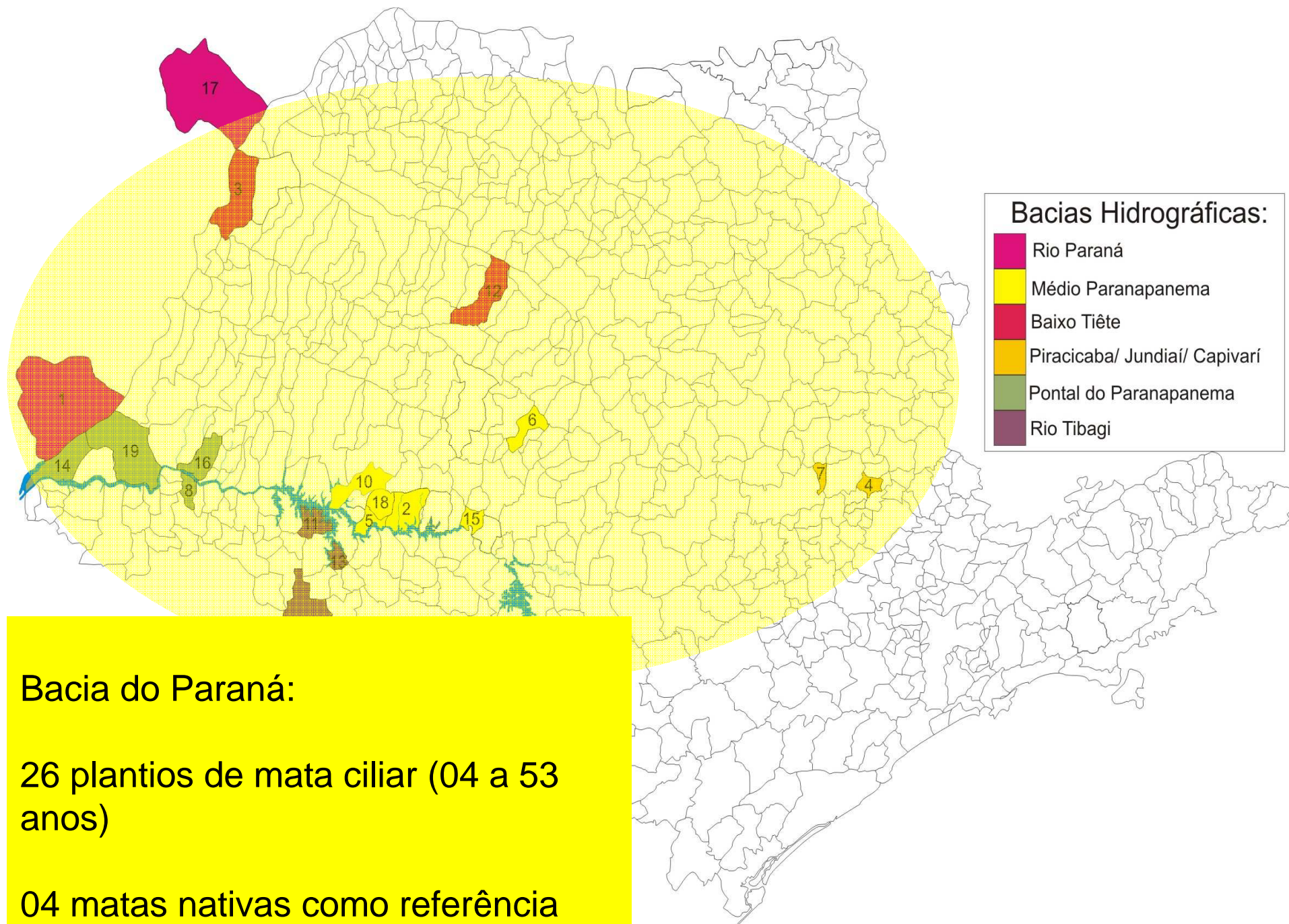
densidade

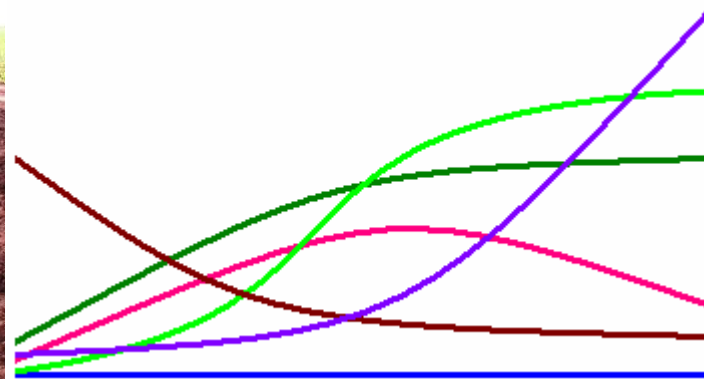
estratificação (distribuição em classes de tamanho)

3. Função:

processos ecológicos

serviços ambientais





Variável independente: idade dos plantios

VARIÁVEIS RESPOSTA (INDICADORES):

Riqueza: *plantadas x imigrantes, nativas x exóticas, classes de tamanho, grupos funcionais*

Biomassa (área basal)

Densidade : *classes de tamanho, formas de vida, origem*

Cobertura: *copas*

Diversidade : *espécies e funcional*

**Quanto tempo para atingir a meta e seguindo qual trajetória?
Quais variáveis podem ser bons indicadores?**

QUAIS FATORES INFLUENCIAM AS TRAJETÓRIAS?

Distância de fontes de sementes

Número de espécies plantadas

Uso anterior da terra (pastagem x agricultura)

Fertilidade do solo

Textura do solo (capacidade de água disponível)

Distância da margem

Gramíneas invasoras

Formigas cortadeiras

Presença de gado

Densidade de plantio

Origem das espécies (nativas x exóticas)

Técnica de preparo de solo

Qualidade das mudas

Composição

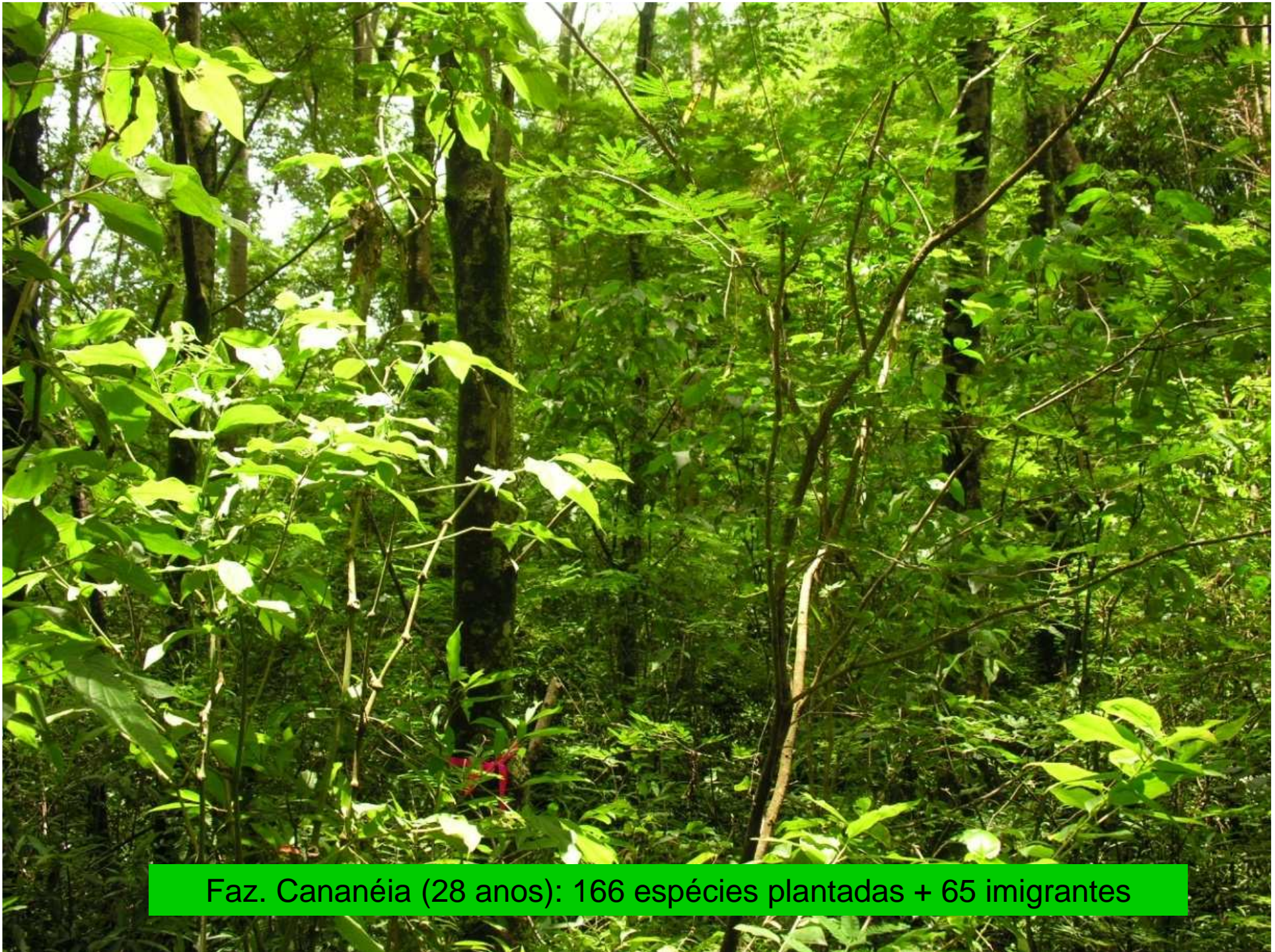
	INDICADOR	facilidade	Clareza como descritor	Fator de sucesso
Taxonômica (espécies)	Total plantadas (censo)	4	5	2
	Nativas plantadas (censo)	3	5	3
	Total em regeneração (censo)	4	5	3
	Nativas em regeneração (censo)	3	5	5
	Equabilidade (amostragem)	3	4	3
	Fauna????	1	3	4
	Outras formas de vida (ervas, epífitas)	2	3	3
Funcional	Grupos funcionais (ind ou spp, deciduidade, fixação de N, dispersão etc.) (amostragem e pesquisa)	2	2	4
Formas de vida	Espectro biológico (ind e spp) (amostragem)	4	4	4



Lageado (07 anos): o maior número de espécies plantadas (47)



Canaçu (20 anos): uma única espécie plantada, 37 espécies em regeneração



Faz. Cananéia (28 anos): 166 espécies plantadas + 65 imigrantes

Estrutura

	INDICADOR	facilidade	Clareza como descritor	Fator de sucesso
Cobertura (amostragem)	Copas (método de linhas) (até 10 anos)	5	5	5
	Gramíneas invasoras (linhas)	5	5	5
Densidade (amostragem)	Plantadas (até 07 anos)	5	5	1*
	Sobrevivência (até 07 anos)	5	5	3
	Regenerantes total (DAP > 1cm) + 5a	5	5	4
	Regenerantes nativas (DAP > 1 cm) + 5a	4	5	5
Biomassa (amostragem)	Área Basal (m ² /ha) (DAP)	4	5	5*
	Biomassa (DAP e H, equações)	2	4	5*
Estratificação (amostragem)	Distr. em classes de tamanho (+10 anos)	4	4	5
	Diagrama de perfil	1	3	4

O rápido aumento de biomassa em ecossistemas em restauração deve ser visto com ressalvas.

Embora signifique rápida evolução estrutural, estudos demonstram correlação inversa entre taxa de incremento de biomassa e aumento de diversidade!!!

Função

	INDICADOR	facilidade	Clareza como descritor	Fator de sucesso
Processos Ecológicos (amostragens repetidas)	Recrutamento e mortalidade	3	5	5
	Imigração e extinção (censos repetidos)	4	5	5
	Incremento anual em biomassa	2	5	3*
	Deposição de serapilheira	1	5	2
	Chuva de sementes	2	4	3
	Dispersão de sementes	1	4	3
	Micorrizas	2	2	3
Serviços ambientais	Taxa de fixação de carbono (amostragem)	4	4	3
	Estoque de carbono (amostragem)	4	4	5
	Qualidade da água (amostragem)	2	2	5*
	Proteção ao solo contra erosão (obs.)	5	3	4
	Polinização de culturas	1	1	3

Avaliação do projeto e execução

	QUESITO	Facilidade de avaliação	Importância para o êxito
Paisagem	Aumento de conectividade proporcionado pelo projeto	5	3
	Distância de fonte de sementes	5	5
	Uso da terra no entorno	5	4
Manutenção	Instalação de cercas (se houver gado)	5	5
	Controle de processos erosivos a montante	5	4
	Controle de formigas cortadeiras	4	4

Podem ser avaliados e ser objeto de recomendações ou atuação, mas não servem como indicadores: não se alteram no tempo, não são comparáveis com a referência ou não podem ser objeto de manejo.



Selvória (24 anos): gado, formigas, solo ruim



Faz. Santa cruz (08 anos): controle gramíneas invasoras por apenas 02 anos



Porto Primavera (10 anos): gramíneas , pastoreio e solo ruim



Promissão (27 anos): gramíneas invasoras e formigas



Sítio São Domingos (10,5 anos): controle eficaz de capins e fragmento próximo



Faz. Ribeirão Dourado (17 anos): sem fragmento em um raio de 2 km



Faz. Cananéia (28 anos): sem fragmento em um raio de 2 km



Monodominância: Acacia tenuifolia



Usina Ester (53 anos): 2 x biomassa referência, falta de regenerantes



Referência: matas nativas bem preservadas são um ideal atingível?



Referência: matas nativas bem preservadas são um ideal atingível?

VALORES DE REFERÊNCIA PARA MONITORAMENTO

Idade	Área basal (m ² . ha ⁻¹)	Cobertura de copas (%)	Densidade de regenerantes altura ≥ 50 cm e DAP < 1cm (ind. ha ⁻¹)	Densidade regenerantes DAP ≥ 1cm (ind. ha ⁻¹)	Nº de espécies nativas regenerantes em 1000 m ²
4	7,5	40	200	50	5
5	10	50	280	100	10
6	12,5	58	420	200	14
7	15	64	700	320	17
8	17,5	70	1200	440	20
9	20	76	2000	560	22
10	22,5	80	3800	680	25
Mata Nativa	27.90	88.37	11968	4085	78
Tempo para ser atingido (anos)	15	10	42	77	115

**VALORES DE REFERÊNCIA – Mata ciliar em região de CERRADO
(poucos dados)**

Idade	Área basal (m ² . ha ⁻¹)	Cobertura de copas (%)	Densidade de regenerantes altura ≥ 50 cm	Nº de espécies nativas regenerantes em 800 m ²
4	2	7	1800	7
7	5	60	2000	10
10	8	75	5000	17
17	12	78	8500	45
Mata ciliar nativa em cerrado*	22	80	37.800	68

* Uma única referência.

**Um bom indicador é fácil de aplicar,
descreve claramente o atributo do
ecossistema e representa os
processos–chaves que levam ao
sucesso ou fracasso da restauração.**

**Precisamos de parâmetros de referência
para avaliar o que é bom ou ruim para
determinado indicador em cada condição
ambiental e em diferentes etapas (idades) da
restauração**

