

Ecologia da Paisagem: Conceitos e Abordagens



Padrões e Processos em Dinâmica
de Uso e Cobertura da Terra

Maria Isabel Sobral Escada
isabel@dpi.inpe.br

Estrutura

- **Ecologia da Paisagem**
 - Conceitos
 - Abordagem geográfica
 - Abordagem ecológica
- **Padrões e Processos**
- **Estrutura da Paisagem**

<http://eco.ib.usp.br/lepac/>



Noções comuns de paisagem:

- visual (algo que se "vê")
- Visão estética (algo "bonito")
- amplitude (vista, conjunto de elementos)- distanciamento, onde não estamos
- áreas abertas (sítio campestre)



Noções comuns de paisagem:

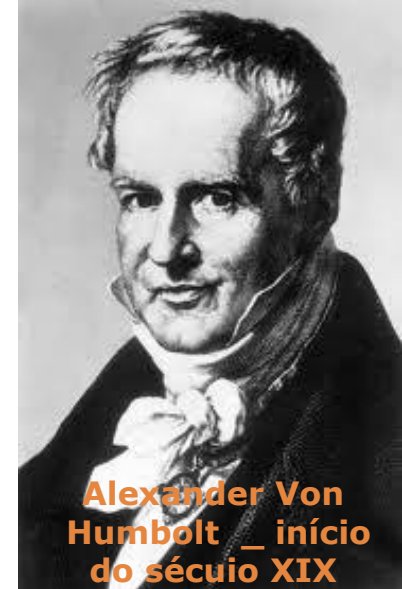
- visual (algo que se "vê")
- Visão estética (algo "bonito")
- amplitude (vista, conjunto de elementos)- distanciamento, onde não estamos
- áreas abertas (sítio campestre)





Conceitos Científicos

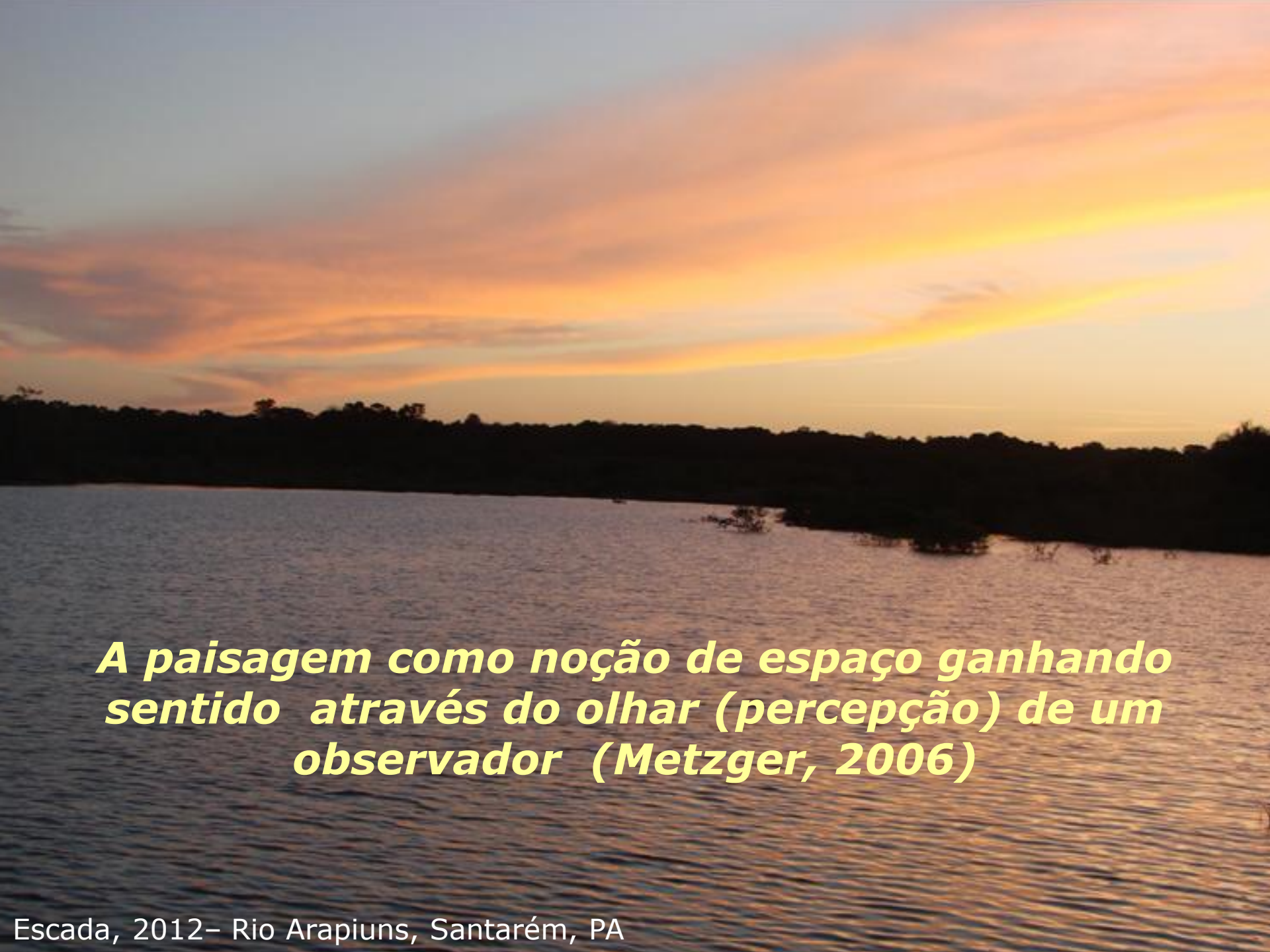
- ***Paisagem*** – início do Século XIX – Alexander Von Humboldt – Landchaft – conotação geográfico-espacial – totalidade do espaço de vida humano- Biosfera, geosfera e noosfera.
- ***Ecologia da Paisagem*** - Termo cunhado por Troll em 1939 (uso da terra, fotografia aérea). Tansley, 1935 – Ecossistema.
- Caráter interdisciplinar – sistema natural, rural e urbano.



Alexander Von Humboldt – início do século XIX



Carl Troll

A photograph of a sunset over a body of water. The sky is filled with soft, orange and yellow clouds, with the sun low on the horizon. The water in the foreground is dark and reflects the light from the sky. In the background, there is a dark silhouette of a treeline. The overall mood is serene and contemplative.

A paisagem como noção de espaço ganhando sentido através do olhar (percepção) de um observador (Metzger, 2006)

Conceitos científicos atuais de Paisagem

- “Total spatial and visual entity of **human** living space”
Carl Troll (biogeógrafo alemão, 1939) – Espacialidade heterogeneidade do espaço.
 - Geografia (Paisagem) e Biologia (Ecologia) – Relações Horizontais e Verticais
- Uma área heterogênea composta por um conjunto de ecossistemas que interagem entre si e que se repetem no espaço (Forman and Godron, 1986).
- Um mosaico heterogêneo de formas, tipos de vegetação e usos da terra (Urban et al. 1987).
- A spatially heterogeneous area (Turner 1989)

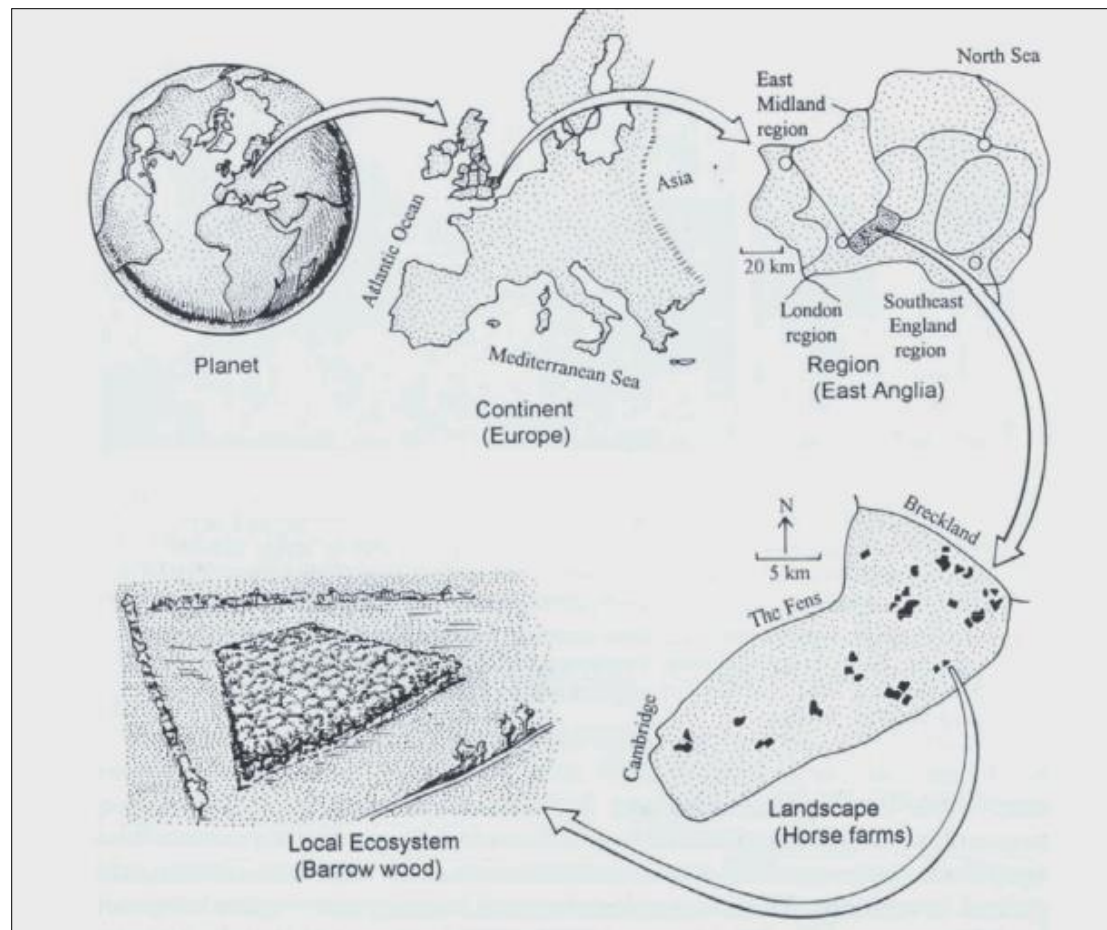
Conceitos

- A paisagem é um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas. Esta heterogeneidade existe para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala” (Metzger, 2006)
 - Ponto de vista do Homem
 - Ponto de vista de outras espécies

Paisagem

- Paisagem do ponto de vista humano e sua Hierarquia espacial

- Biosfera
- Continente
- Região (main Landscape)
- Paisagem (land facet – land system)
- Ecossistema local ou uso da terra (ecótopo)



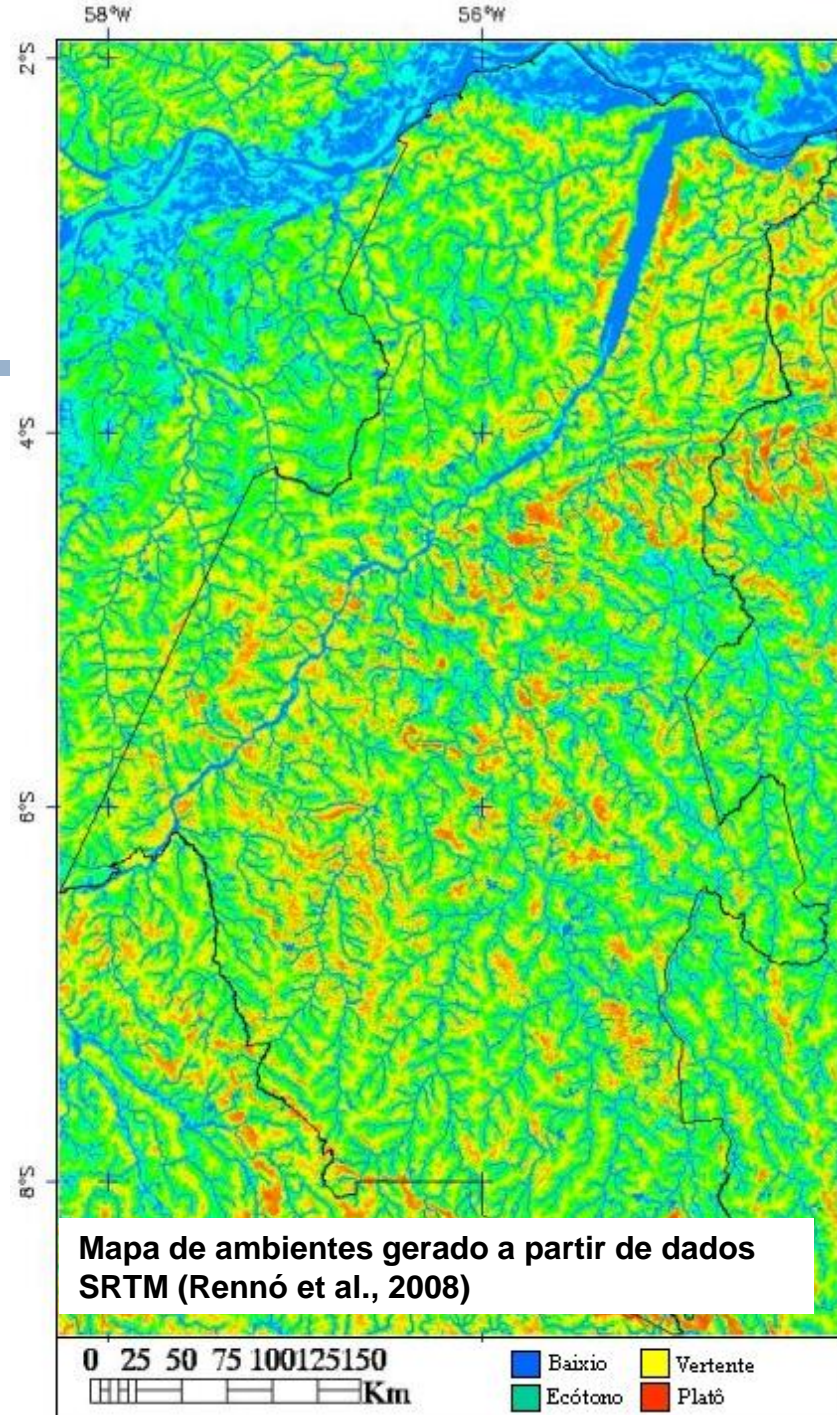


INPE

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Fontes de heterogeneidade da Paisagem

- Heterogeneidade do ambiente físico (topografia, solos, umidade, dinâmica hidrogeomorfológica);



Fontes de heterogeneidade da Paisagem

- Perturbações antrópicas (desmatamento/fragmentação, criação de estradas, reservatórios...).



Fontes de heterogeneidade da Paisagem

- Regime de perturbações naturais (fogo , tornado, ciclone “bomba”, terremotos, pestes);



Fontes de heterogeneidade da Paisagem

- Descontinuidades ambientais e perturbação natural ou antrópicas: Maior diversidade de paisagens favorecem espécies mais generalistas, predadoras e parasitas.
- Ausência de perturbação: Paisagens homogêneas – espécies mais especialistas.

Ecologia da paisagem

- "Interdisciplinary science dealing with the **interrelation between human society and its living space** (its open and buildt-up landscapes)" (Naveh and Lieberman, 1994)
=> noção de "total human ecosystem".

Ecologia da paisagem

- “ The study of the **structure, function, and change** in a heterogeneous land area composed of interacting ecosystems (Forman and Godron 1986)”;
- "Landscape ecology considers the development and dynamics of **spatial heterogeneity, spatial and temporal interactions** and exchanges across heterogeneous landscapes, influences of spatial heterogeneity on biotic and abiotic processes and management of spatial heterogeneity" (Risser et al. 1984);

Ecologia de Paisagens

Abordagem geográfica - Homem e espaço: soluções ambientais

- Planejamento da ocupação territorial – Limites e potencialidades do uso econômico de cada unidade da paisagem;
- Estudo de unidades de paisagem modificadas pelo homem;
- Análise de amplas áreas, macro-escala, análise espaço-temporal.



Ecologia de Paisagens

Abordagem geográfica

- “a new holistic, problem-solving approach to resource management”. “O todo é mais que a soma das partes”- vez por Smuts (1926, 1971; apud Naveh e Lieberman [89]) e foi introduzido na Ecologia por Egler (1942; apud Naveh e Lieberman [89]) como um conceito sobre a ordem hierárquica da natureza.
- Disciplina integradora (geologia, biologia, sociologia, etc.), holística e mais próxima da ecologia humana.
- Analisa a influência do Homem sobre a paisagem voltada para o planejamento territorial – ênfase na macro-escala.
 - Paisagem pela visão humana, voltada para problemas de gestão territorial.
- Unidades da Paisagem: Unidades de Ocupação/Uso da terra.

Abordagem Geográfica

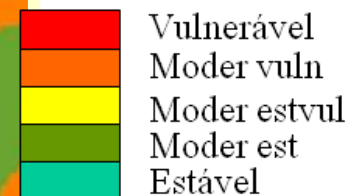
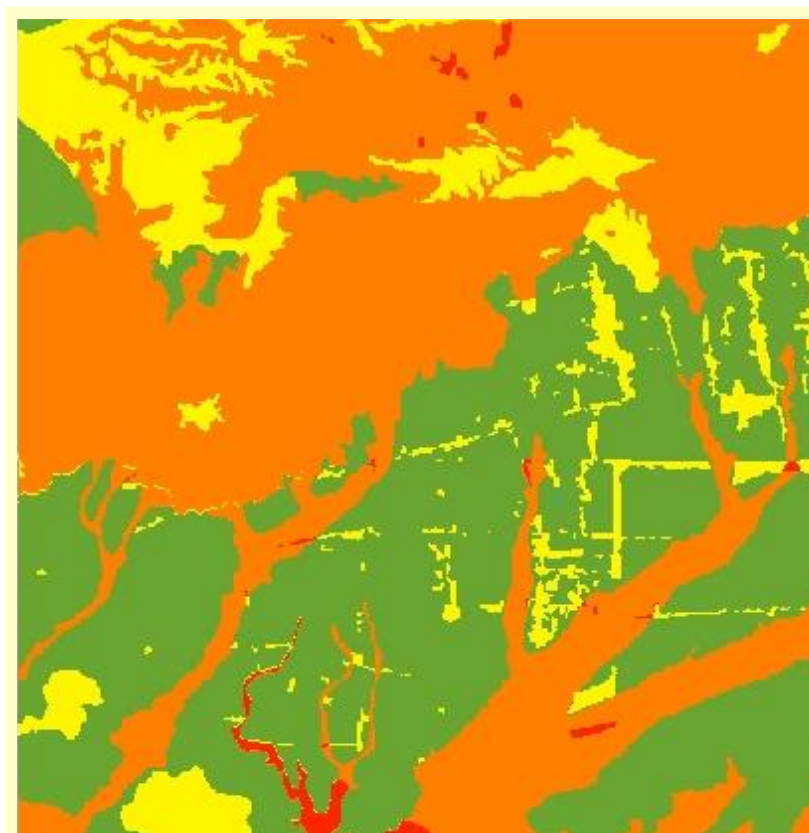
- O exemplo do ZEE na Amazônia Legal (Becker & Egler, 2000)
- Utilizam conceitos da Ecodinâmica de Tricart (1977) para atribuir valores relativos de vulnerabilidade às classes temáticas – Morfogênese/pedogênese.
- UTB – Unidade Territorial Básica (clima, vegetação, uso da terra, relevo, solo, geomorfologia, geologia, socio-economia).

Metodologia desenvolvida a partir do conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977), baseado na relação morfogênese/pedogênese

Mapa de Vulnerabilidade à Erosão

Média		Grau de Vulnerabilidade	
	3		VULNERÁVEL
	2.9		
	2.8		
V	2.7		
U	2.6		MODERADAMENTE VULNERÁVEL
L	2.5	E	
N	2.4	S	
E	2.3	T	
R	2.2	A	MEDIANAMENTE ESTÁVEL/VULNERÁVEL
A	2.1	B	
B	2.0	I	
I	1.9	L	
L	1.8	I	MODERADAMENTE ESTÁVEL
I	1.7	D	
D	1.6	A	
A	1.5	D	
D	1.4	E	ESTÁVEL
E	1.3		
	1.2		
	1.1		
	1.0		

Classes de vulnerabilidade/estabilidade do ZEE (modificado de Crepani et al., 1998).



Ecologia de Paisagens

Abordagem ecológica – estudos bio-ecológicos

- Enfatiza a **estrutura e a dinâmica de mosaicos heterogêneos** e seus efeitos sobre os processos ecológicos;
- A escala de investigação está relacionada com a escala de **percepção da espécie** estudada;
- É uma ecologia espacialmente explícita que focaliza **padrões e interações** num mosaico todo;
- Paisagem pela visão ecológica, voltada para problemas de **conservação**
- Unidade de Paisagem: **Habitat**

Abordagem Ecológica



- Paisagem: Área heterogênea com **conjunto interativo de ecossistemas** (manchas, corredores e matrizes).
- Objetivo da ecologia da paisagem:
 - investigar a **influência de padrões espaciais sobre os processos ecológicos**

Abordagem Ecológica

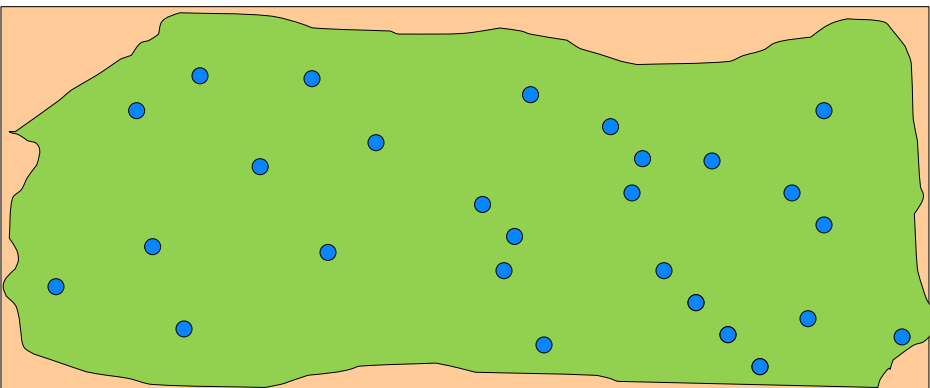
- Arcabouço teórico: Teoria de Ilhas, teoria de metapopulações (Biogeografia de Ilhas - MacArthur, R.H. and Wilson, E.O; 1967)
 - Comunidades insulares são mais pobres em espécies do que as comunidades continentais;
 - A riqueza aumenta com o tamanho da ilha;
 - A riqueza diminui com o aumento do isolamento da ilha.

equilíbrio dinâmico entre as taxas de extinção e de imigração

Abordagem Ecológica

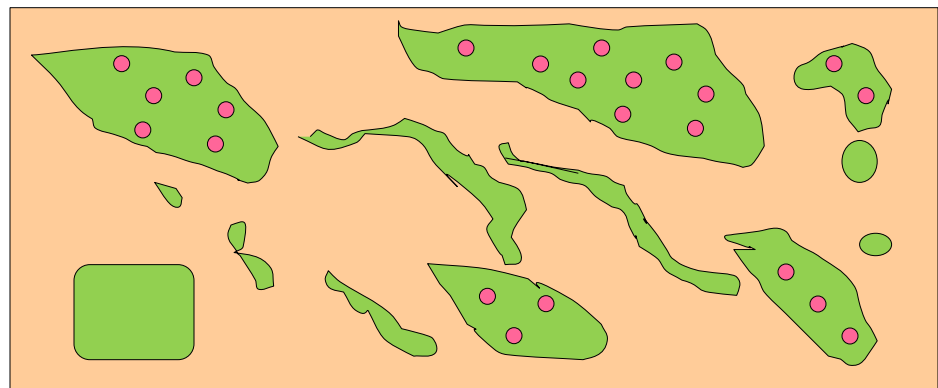
- Lida com as mesmas questões da ecologia (de populações, comunidades, ecossistemas), mas inserindo-as no contexto espacial
- Analisa padrão espacial/Processo Ecológico: Ex: Tamanho dos fragmentos, isolamento e conectividade, influenciam processos:
 - Risco de extinção, migração e recolonização

Metapopulação

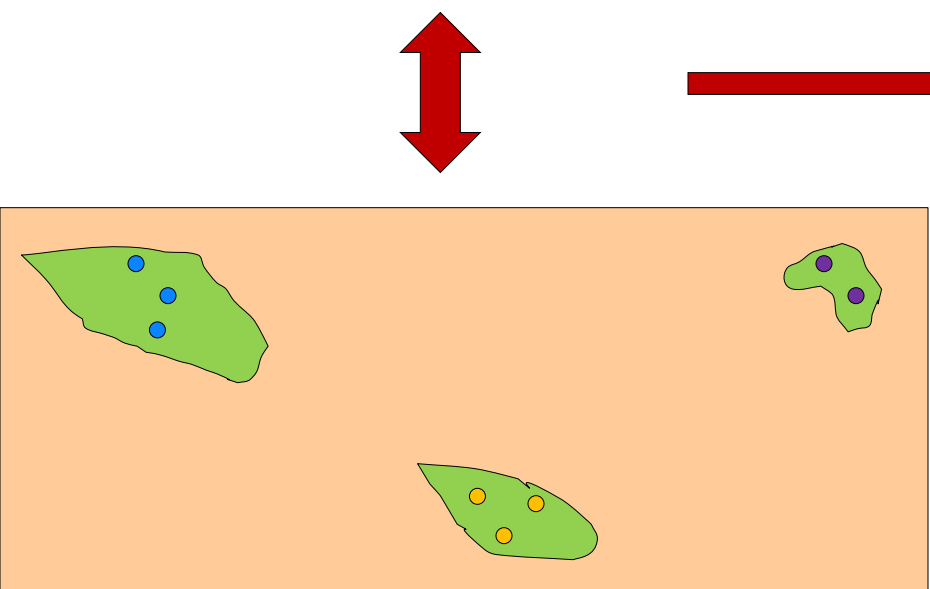


População

Metapopulação



Populações



Abordagem Geográfica X Ecológica

	<i>Escola Geográfica Européia</i>	<i>Escola Ecológica (USA)</i>
Início	1940-1950	1980
Influência	(Bio)-Geógrafos	Ecólogos
Disciplina	Integradora, holística	Monodisciplinar, reducionista
Foco	Relação do Homem com a paisagem	Padrões espaciais e processos ecológicos
Paisagens	Culturais	Naturais
Aplicação	Planejamento territorial	Consevação da biodiversidade
Instrumento	Fotografias	Imagens

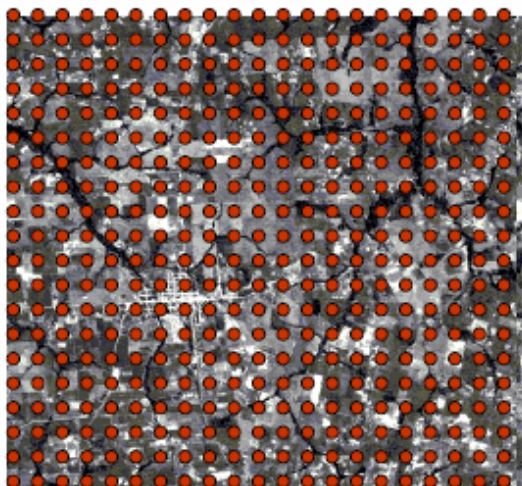
Paisagem (abordagem ecológica)

- **Pode se apresentar sob forma de mosaico ou de gradientes.**
 - **Mosaico – uma paisagem que apresenta uma estrutura contendo mancha, corredores e matriz (pelo menos dois desses elementos).**
 - **Gradiente – Estrutura de superfície contínua.**

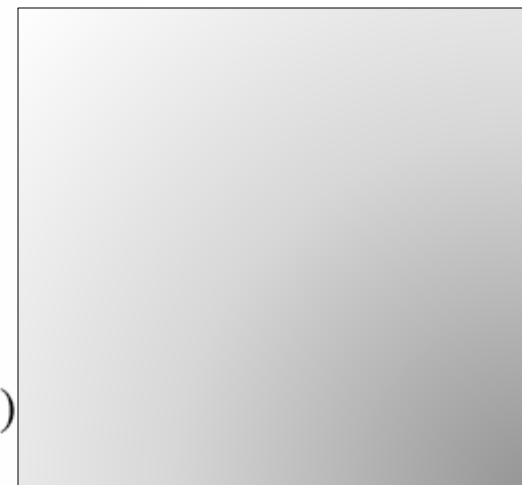


Heterogeneidade da paisagem com dados contínuos

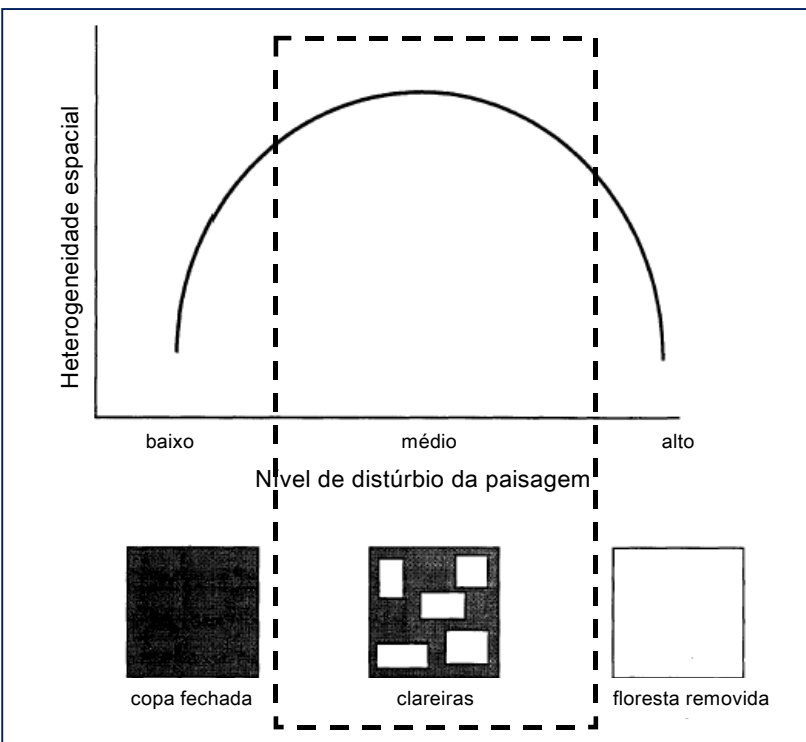
- Point-data analysis
- Dados:
 - variáveis contínuas
 - ex.: NDVI, DN das bandas
- Métricas (geoestatística):
 - auto-correlação espacial (correlogramas, semivariogramas)
 - kriging
 - wavelet

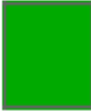




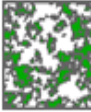


Representação: Gradiente



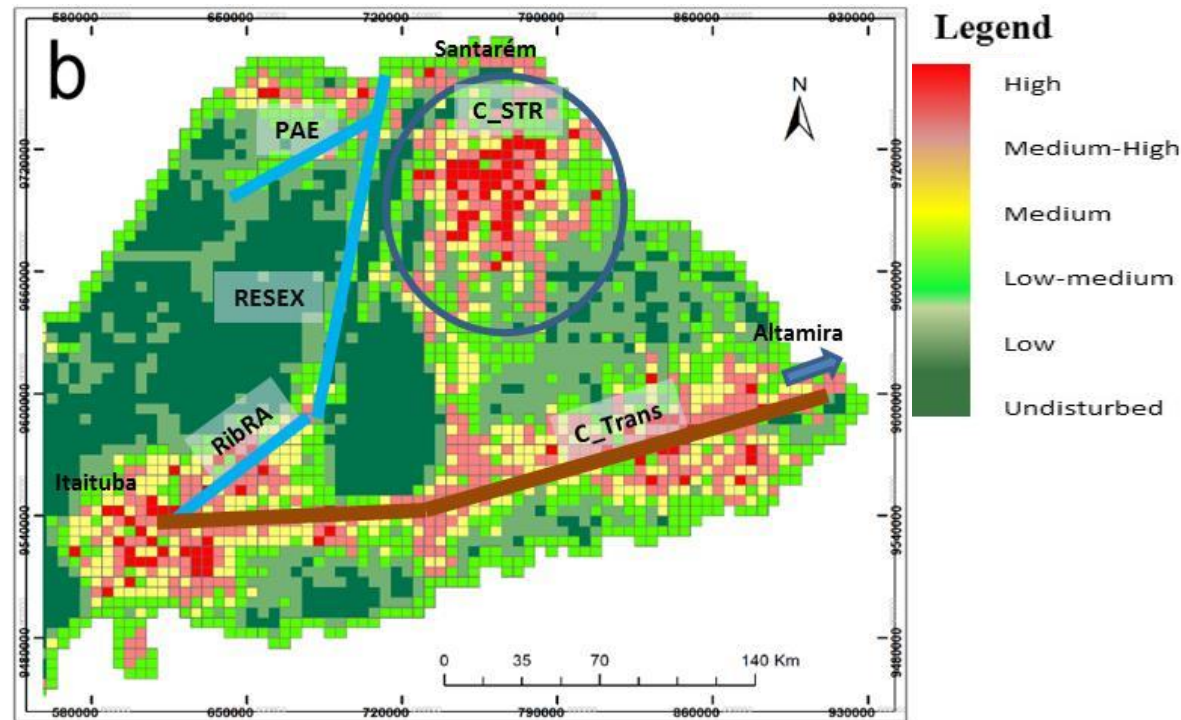
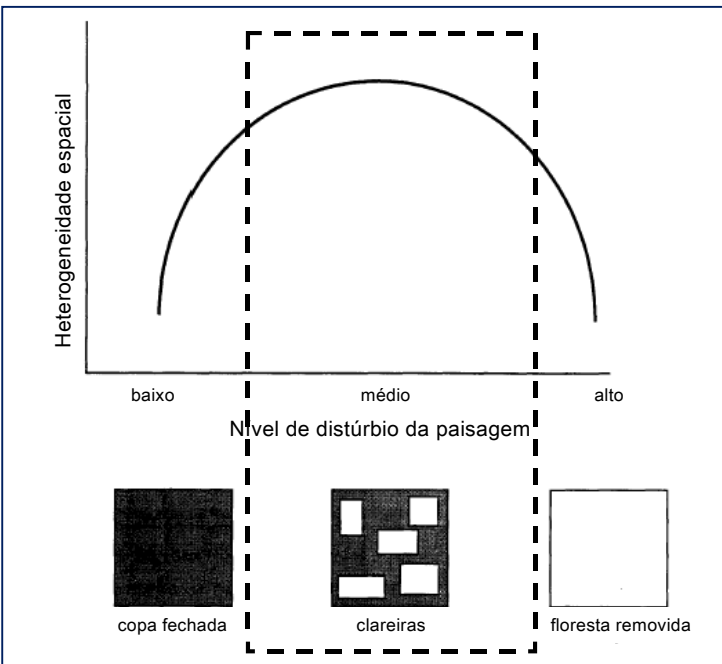
Gradientes e Função



Nível de distúrbio	Cobertura da terra dentro da célula	Descrição das células
Inexistente		100% preenchida por floresta.
Baixo		Mais do que 75% preenchida por floresta e/ou água, com um pequeno número de manchas difusas de desmatamento.
Baixo-Médio		Até 75% preenchida por floresta e/ou água, com um maior número de manchas de desmatamento, das quais poucas apresentam um formato geométrico.
Médio		Até 50% preenchida por floresta e/ou água, aumento no número de manchas de desmatamento geométricas e áreas consolidadas.
Médio-Alto		Até 25% preenchida por floresta e/ou água, onde as manchas geométricas e multidirecionais começam a dominar a célula.
Alto		Menos de 5% preenchida por floresta e/ou água, dominada por manchas geométricas ou consolidadas de desmatamento, com um grande número de fragmentos florestais.

Gradientes e Função

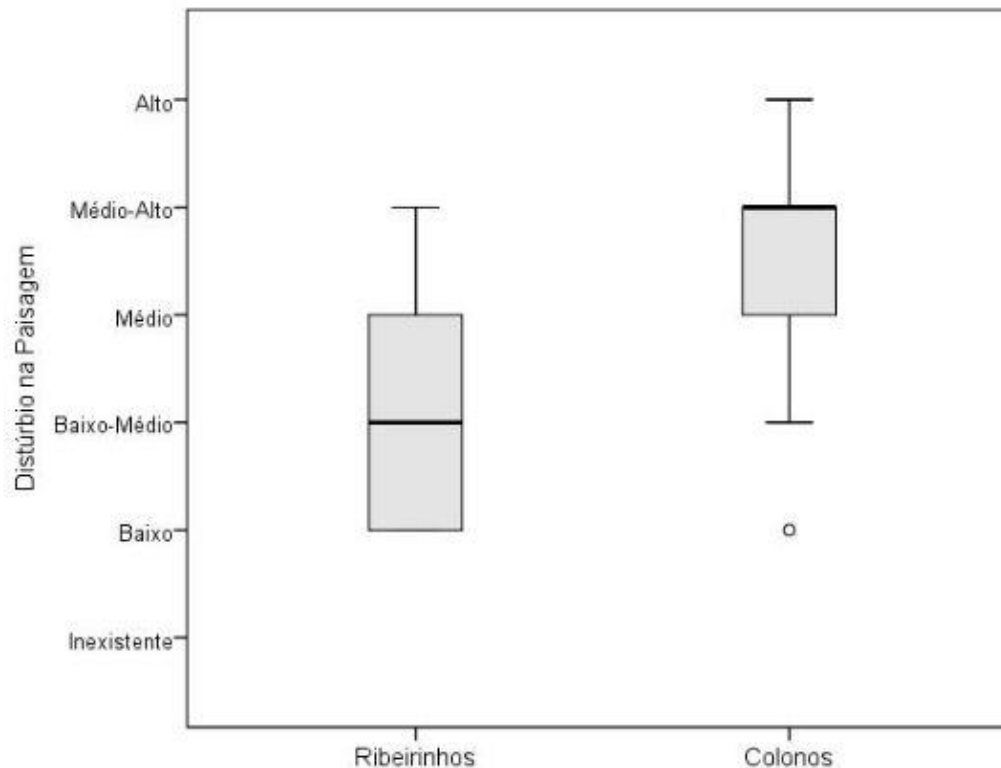
Gradiente de Distúrbio: região de Santarém e Transamazônica



Fonte: Lambin (1999)

Camilotti, 2016

Figura 3.4 - Distúrbio na paisagem das comunidades de ribeirinhos e colonos quando analisados como dois grandes grupos.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

CAMILOTTI, V. L. **Recursos florestais extrativistas em comunidades do Pará: uso, importância e características da paisagem.** 2016. 201 p. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3LRK3K5>>.

Percepção de importância dos PEVAS com relação ao nível de distúrbio na paisagem

Componentes	Fatores	Variáveis
Uso de PEVA		Número de espécies
Categorias de PEVA		Frutos
		Caça
		Artesanato
		Madeira
		Medicinais
Importância dos PEVA	Grau de importância para consumo e renda	Mel
		Sem importância, baixo, médio, alto
Mudança no estoque		Aumento/declínio dos PEVA
	Causa das mudanças	Aberto

Locais	Importância para consumo						
	N comun	Correlação	P	Distúrbio		Índice	
				Média	DP	Média	DP
Área total	70	-0,587	< 0,0001	3,730	0,953	2,326	0,604
Arapiuns	32	0,092	0,6155	3,104	0,632	2,881	0,214
Traj 1 e 2	38	-0,223	0,1778	4,203	0,885	1,857	0,386

Locais	Importância para renda						
	N comun	Correlação	p	Distúrbio		Índice	
				Média	DP	Média	DP
Área total	86	-0,421	< 0,0001	3,589	0,925	0,907	0,515
Arapiuns	47	0,166	0,264	3,056	0,573	1,238	0,311
Traj 1 e 2	39	0,013	0,934	4,173	0,896	0,484	0,425

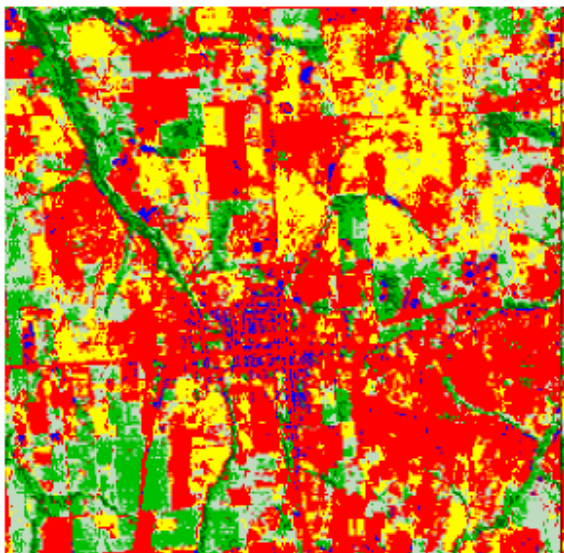
PEVA - Importância para (valor mín. = 0; máx. = 3)				
Parâmetros	Consumo		Renda	
	Arapiuns	Traj. 1 e 3	Arapiuns	Traj. 1 e 3
Média	2,87	1,85	1,2	0,5
DP	0,21	0,38	0,32	0,42
Mann-Whitney	p= 5,327 e-12		p= 1,617 e-11	

Questionários : uso de Produtos Extrativistas Vegetal e Animal

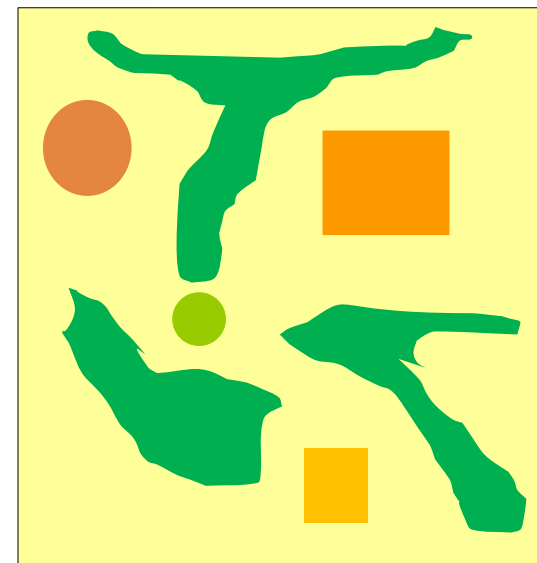
Camilotti , 2016

Heterogeneidade da paisagem com dados categóricos

Representação: Manchas/Mosaicos

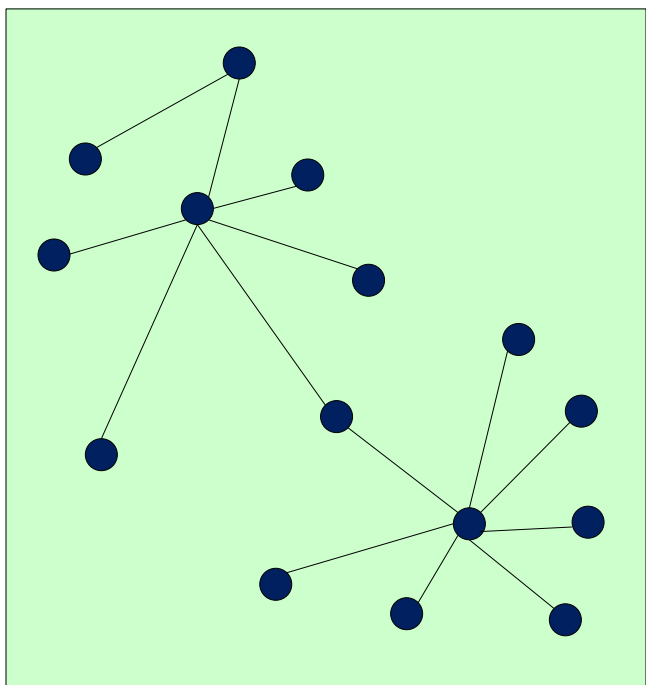


- Categorical analysis
- Dados:
 - variáveis discretas
 - ex.: imagens classificadas
- Métricas:
Índices de heterogeneidade, fragmentação, isolamento, conectividade....



Representação por redes

Redes



Baldwin et al, 2010

16 Modeling Ecoregional Connectivity

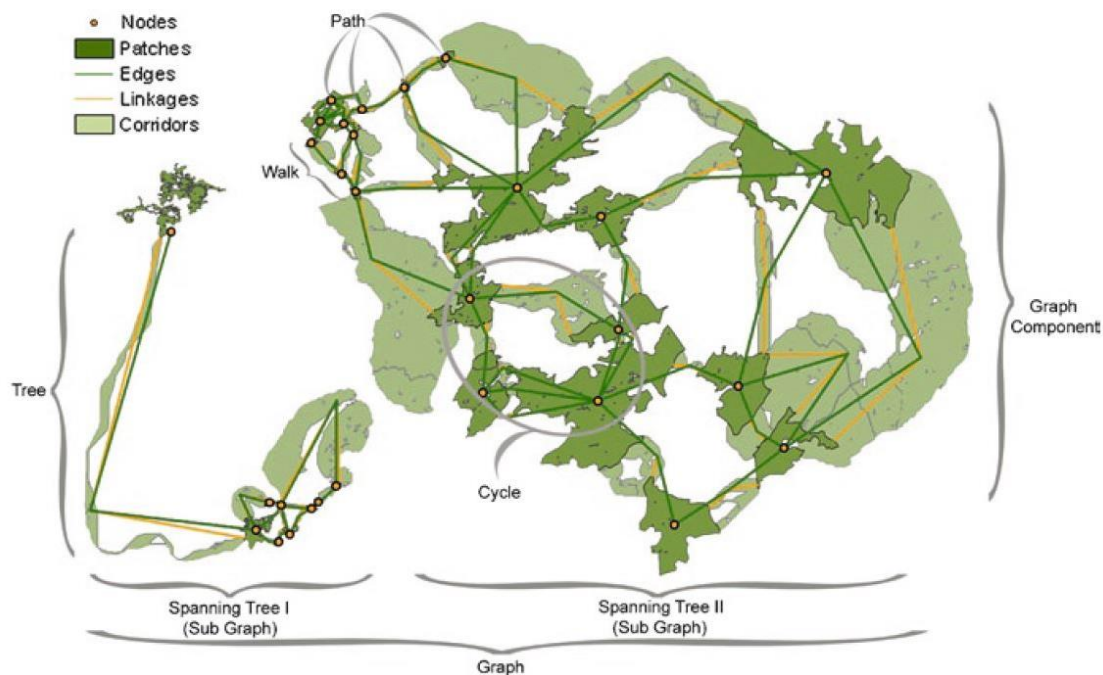


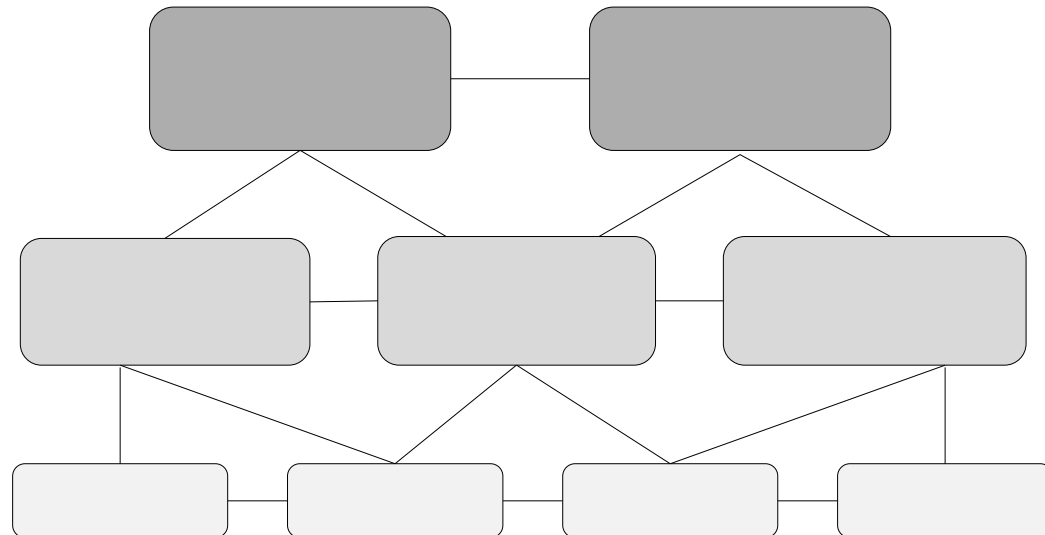
Fig. 16.1 A hypothetical landscape network, exemplifying the terms in Table 16.1

Teoria dos grafos – topologia e dinâmica das redes
Como a mudança na topologia influencia a dinâmica e funcionamento da paisagem

Ecologia Urbana (Alberti, 2006)

Representação: Rede Hierárquica

Elementos maiores,
taxas lentas



Elementos menores,
taxas altas

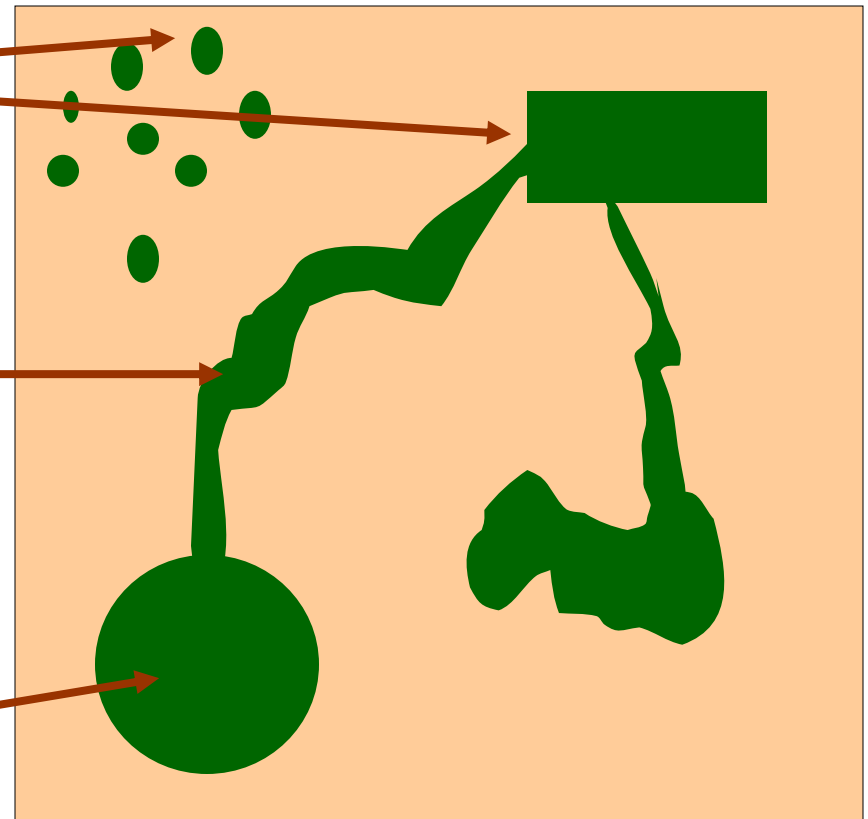
Hierarquia espacial aninhada escalas – Mosaico hierárquico de manchas

Estudo dos efeitos da estrutura espacial da paisagem sobre processos ecológicos

- Imagens
- Métricas da paisagem (quantificação da estrutura da paisagem).
- Padrão espacial X processos ecológicos:
 - Propagação do fogo, dispersão de sementes, deslocamento de animais.
 - Fluxos hidrológicos, clima

Conceito de patch-corridor-matrix

- Mancha - Área homogênea, restrita e não-linear da paisagem que se distingue das unidades vizinhas.
- Corredor - Área homogênea e linear da paisagem que se distingue das unidades vizinhas.
- Matriz - Unidade dominante da paisagem (espacial e funcionalmente); ou conjunto de unidades de não-habitat. Controla a dinâmica da paisagem.





Mancha

Matriz

Corredor

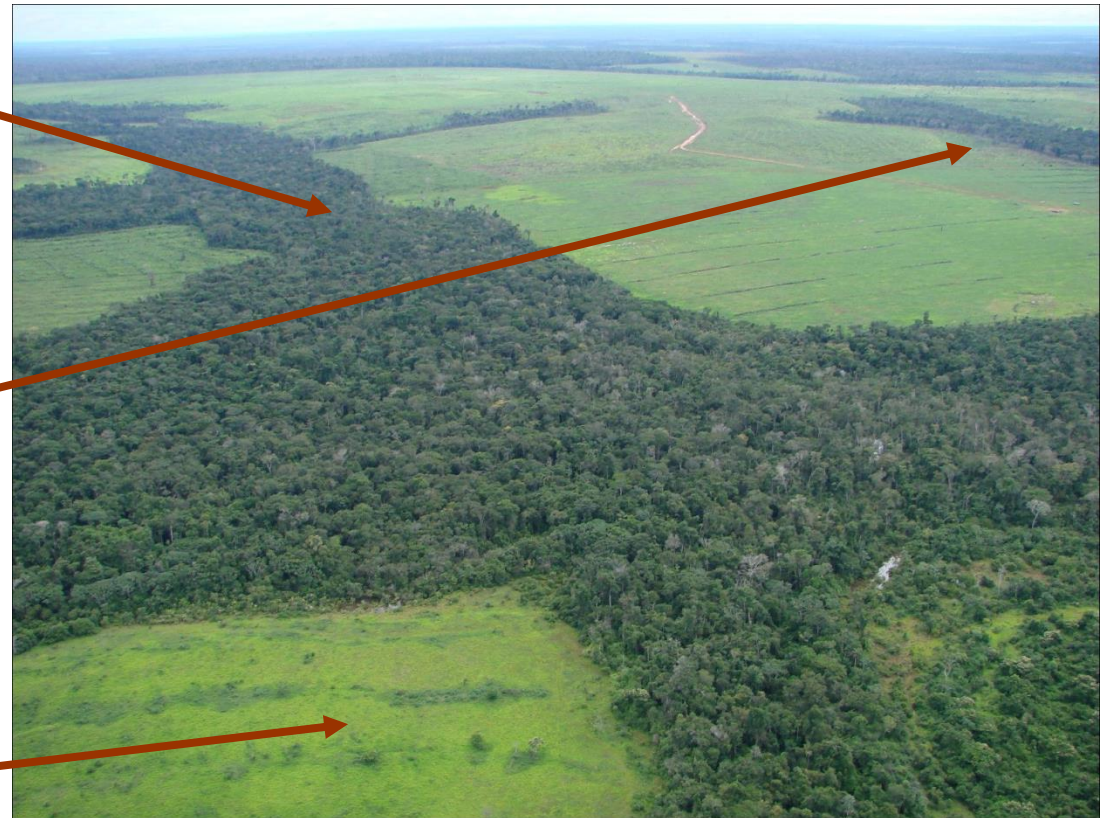
Área agrícola

Floresta

Mancha

Conceito de mancha-corredor-matriz

- Mancha - Área homogênea, restrita e não-linear da paisagem que se distingue das unidades vizinhas.
- Corredor - Área homogênea e linear da paisagem que se distingue das unidades vizinhas.
- Matriz - Unidade dominante da paisagem (espacial e funcionalmente); ou conjunto de unidades de não-habitat. Controla a dinâmica da paisagem.





Mosaico

- Uma paisagem que apresenta estrutura contendo manchas, corredores e matriz (pelo menos dois desses elementos)



Padrões e Processos

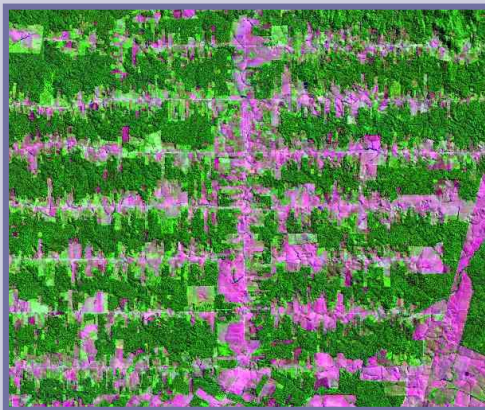
- A **forma** é o **aspecto visível do objeto**, referindo-se, ainda, ao seu arranjo, que passa a constituir um **padrão espacial**;
- A **função** constitui uma tarefa, atividade ou papel a ser desempenhado pelo objeto;
- A **estrutura** refere-se à maneira pela qual os objetos estão inter-relacionados entre si, não possui uma exterioridade imediata - ela é invisível, subjacente à forma, uma espécie de matriz na qual a forma é gerada;
- O **processo** é uma estrutura em seu movimento de transformação, ou seja, é uma ação que se realiza continuamente visando um resultado qualquer, ***implicando tempo e mudança***.

Processos

- Ecologia de Populações (natalidade, mortalidade, imigração);
- Interação entre populações (polinização, dispersão);
- Ecologia de comunidades (predação e competição);
- Ecologia de ecossistemas (produtividade, ciclagem e dispersão de nutrientes)

Como diferentes padrões de organização (unidades de paisagem) **espacial influenciam o funcionamento dos mosaicos ?**

Padrões e Processos



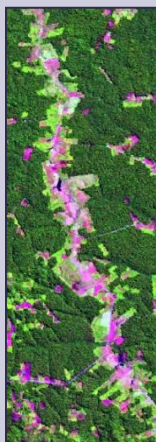
1. Bidirecional



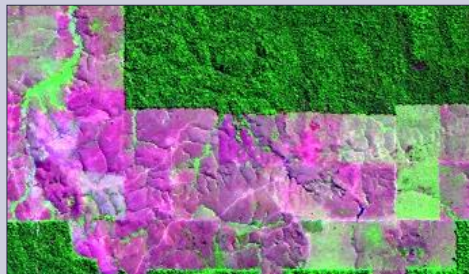
**2. Multidirecional
ordenado**



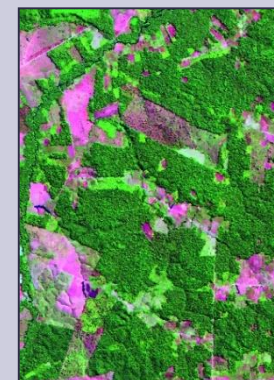
3. Dendrítica



4. Unidirecional



5. Geométrica

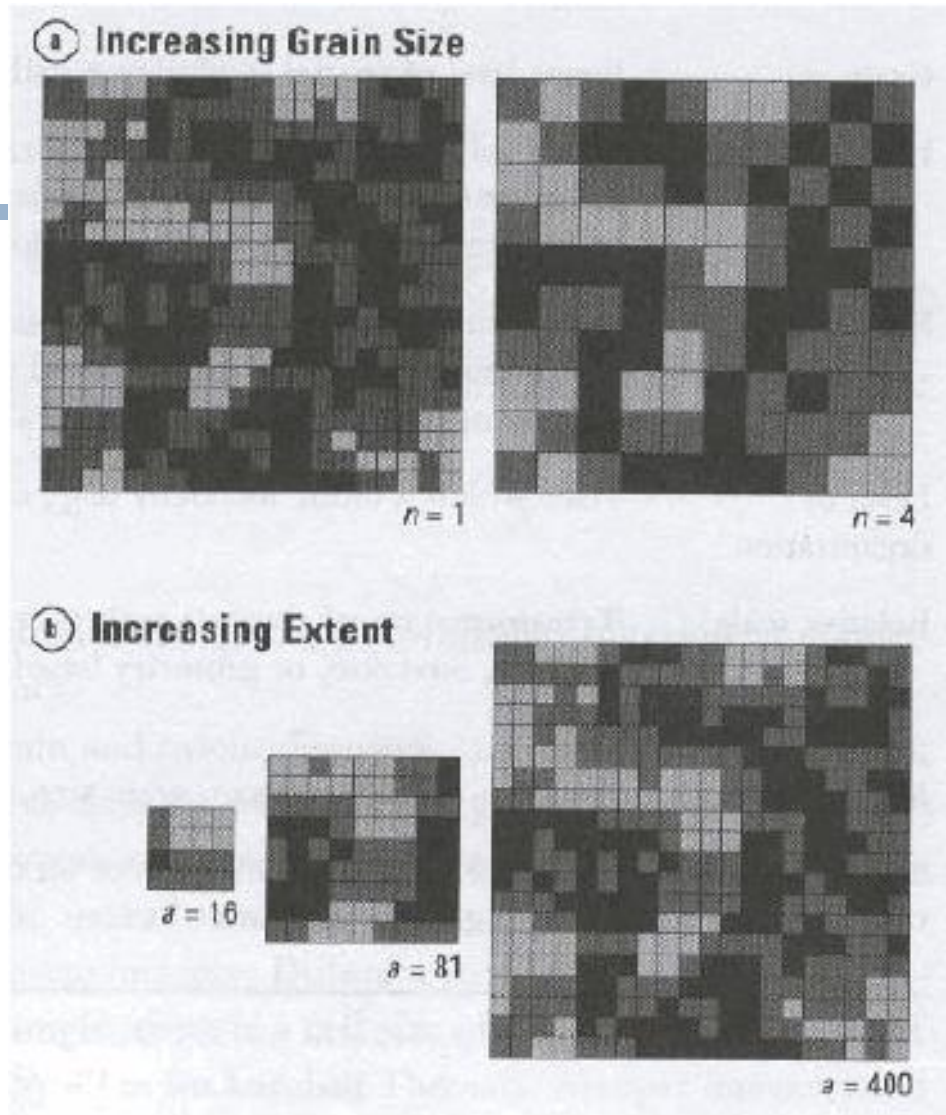


**6. Multidirecional
desordenado**

Escala

- **Homogeneidade e heterogeneidade, conceitos relativos a escala.**
 - **Escala espacial – extensão no espaço e resolução espacial – menor área medida.**
 - **Escala temporal – duração e frequência.**
 - **Escala de percepção das espécies – escala de interação com a paisagem – espaço e tempo**

Escala



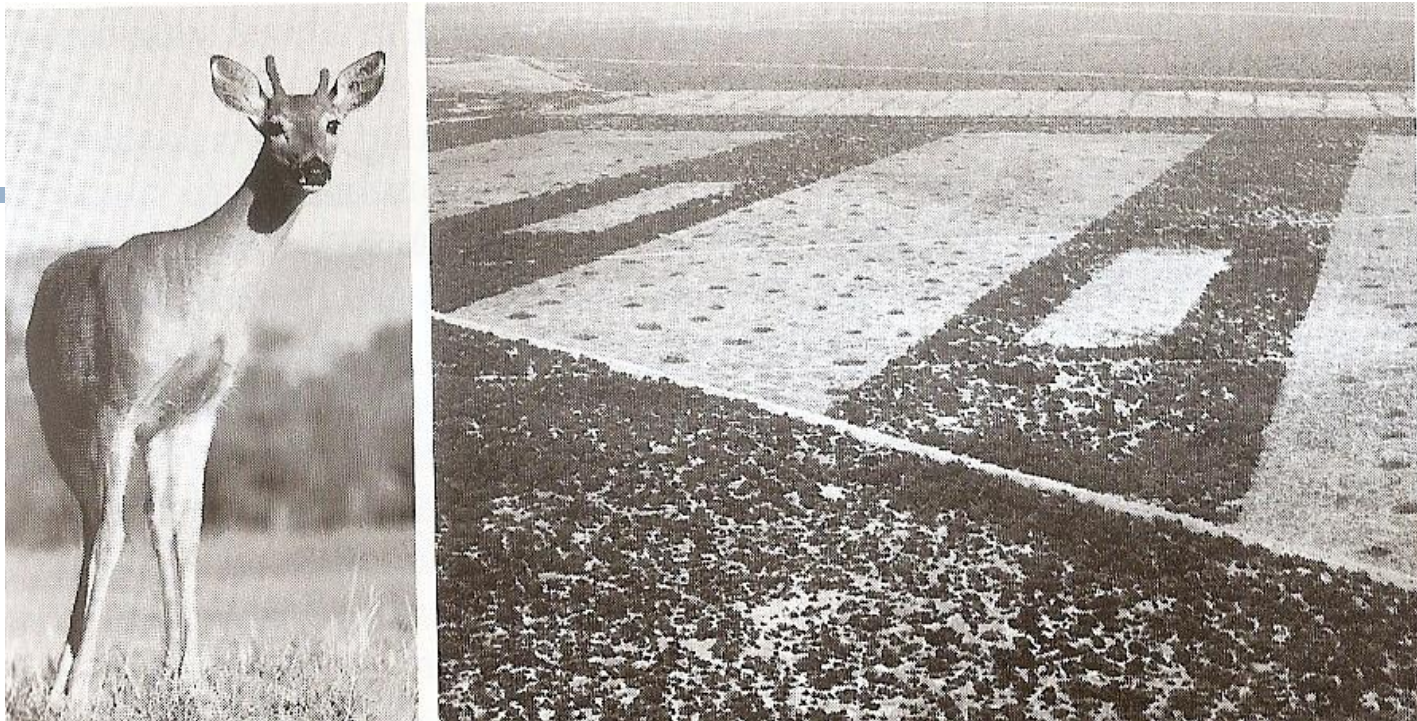
Grão



Maior



Menor



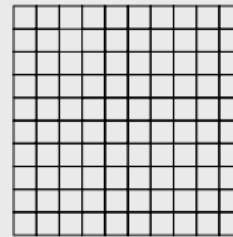
Área selvagem manejada (Forman, 1995)

Percepção dos animais: Diferentes tamanhos (textura)

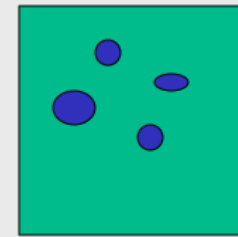
Tamanho do grão da paisagem X Percepção e resposta ao tamanho do grão

Estrutura da Paisagem

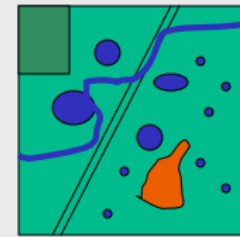
- **Necessidade de estudos quantitativos da estrutura da paisagem**
- **Imagens de satélite e o geoprocessamento oferecem os meios para estudos quantitativos:**
 - acesso a amplas áreas
 - facilidade de tratamento
 - repetitividade dos dados



Ecologia teórica



Ecologia de manchas



Ecologia de mosaicos

Por que ecologia da paisagem é importante?

1. Porque existe uma dependência espacial entre os elementos da paisagem: O que acontece com uma mancha é o resultado de sua localização, relativa a estrutura do mosaico que o circunda.
2. A escala de abordagem é compatível com a *escala de ação do Homem* no seu Meio Ambiente, logo é a melhor escala para estudos ambientais (Clark Kent vs Superman (Hobbs 1999), pesquisa e ação);
3. O Homem é parte integrante deste sistema (e não um elemento externo perturbador).

Parâmetros de Estrutura da paisagem

- **Parâmetros de composição:**
 - riqueza;
 - Abundância: proporção de área ocupada
 - diversidade e dominância espacial
- **Parâmetros de disposição:**
 - heterogeneidade espacial
 - fragmentação
 - isolamento
 - conectividade

Qual a importância dos padrões de uso e cobertura da terra em relação a paisagem?

■ Geram diferentes configurações espaciais

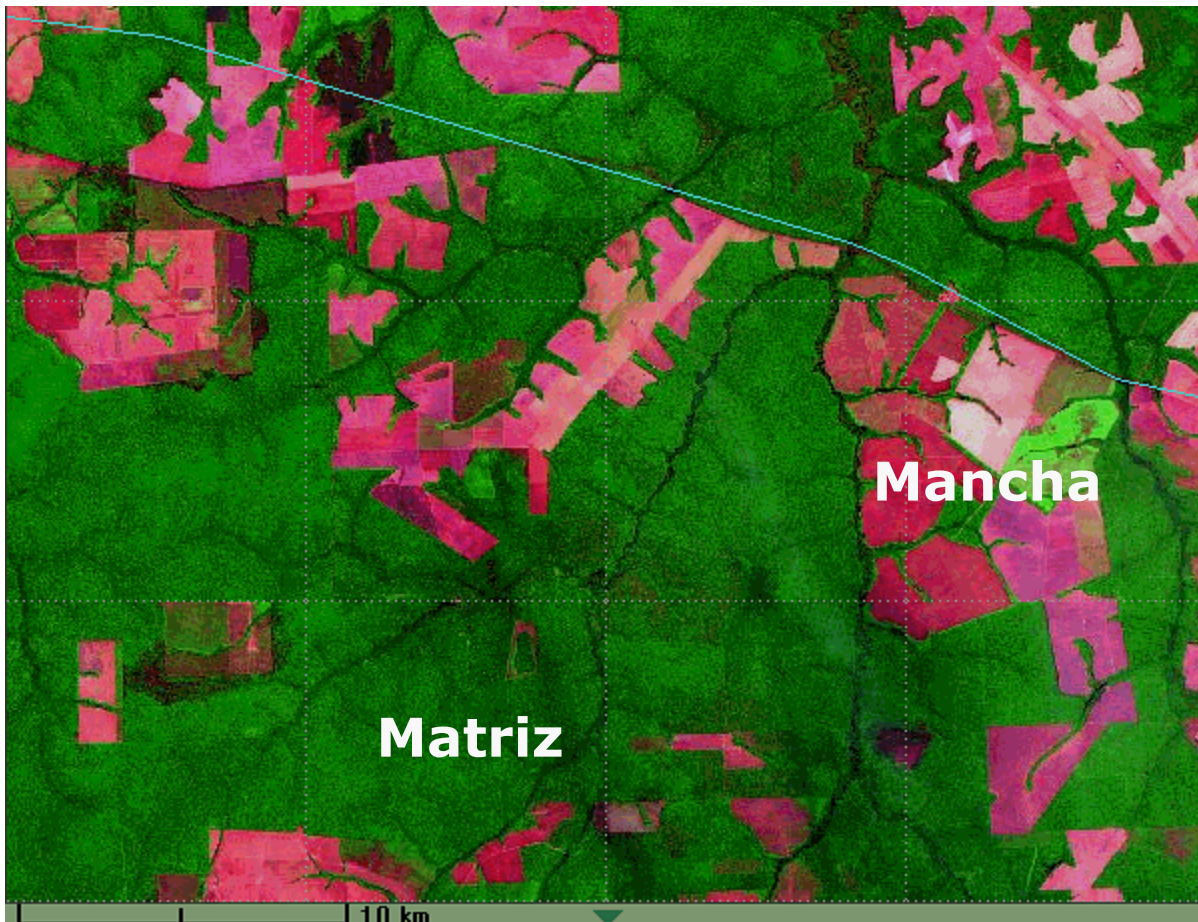
- Fragmentação - < 30% de remanescentes florestais – Redução do habitat
- Efeito de borda
- Conectividade entre os fragmentos
 - Estrutural – Conexão física entre os fragmentos
 - Funcional – Capacidade de deslocamento (movimento, dispersão) da espécie ou grupo funcional
- Isolamento

■ Geram diferentes composições

- Riqueza;
- Proporção de área ocupada
- Diversidade e dominância espacial



Modelo Mancha-Corredor-Matriz



Corredor

**Imagem
TM/Landsat
Bandas 345
2008 -MT**

Abordagem
Ecológica

Probio, 2006 - PA



Modelo Mancha-Corredor-Matriz



Corredor???

Deter, 2009

Métricas da
Paisagem:
Abordagem
Ecológica

Probio, 2006 - PA