

# Processos ecológicos e a escala da paisagem como diretrizes para projetos de restauração ecológica

JULIANA COSTA PIOVESAN

RAFAEL HATAYA

CLARISSA MACHADO PINTO-LEITE

DARY MOREIRA GONÇALVES RIGUEIRA

EDUARDO MARIANO NETO

DOI: 10.7724/CAITITU.2013.V1.N1.D05

## *Ecological processes and the landscape scale as guidelines for ecological restoration projects*

**What environmental problem is the focus of this work?** *Several projects for restoring degraded areas aim to recover the physical structure of the environment, but not the ecological processes that assure the self-maintenance of populations. Therefore, the resources spent produce ephemeral gardens rather than perennial ecosystems.*

**What was the strategy of the work to help solving the problem?** *To produce a technical and scientific-based protocol to facilitate the diagnostic of the degradation situation and to help choosing the techniques to generate perennial and biodiverse ecosystems.*

**What is the main conclusion of the work?** *Local restoration plans must incorporate environmental information on the landscape scale to assure the re-establishment of key ecological processes.*

**Key-words:** *ecological processes; recovery; restoration of degraded areas*

## 1. Apresentação

A restauração ecológica está muitas vezes relacionada à implantação de Reservas Legais (RL) e Áreas de Proteção Permanente (APP) por proprietários de terra visando o cumprimento das exigências previstas na legislação ambiental nacional (Novo Código Florestal, lei nº 12.651/12) (Attanasio 2008, Famato et al. 2008). Além disso, restau-

### **Que problema ambiental é foco deste trabalho?**

Muitos projetos de restauração de áreas degradadas visam restabelecer a estrutura física do ambiente, mas não os processos que garantem a automanutenção das populações. Com isso, os recursos neles aplicados geram jardins efêmeros e não ecossistemas perenes.

### **Qual foi a estratégia do trabalho para contribuir com sua solução?**

Produzir um protocolo com base técnica e científica para facilitar o diagnóstico da situação de degradação e ajudar a escolher técnicas para gerar ecossistemas perenes e biodiversos.

### **Qual é a principal conclusão do trabalho?**

Para garantir o restabelecimento dos processos ecológicos, um plano de restauração local deve incorporar informações sobre o ambiente na escala da paisagem.

**Palavras-chave:** processos ecológicos; recomposição; recuperação de áreas degradadas.



rações florestais são realizadas para reverter o quadro de degradação resultante de empreendimentos impactantes, como em áreas que comportaram atividades agropecuárias e mineradoras (Garcia et al. 2009, Isernhagen 2010). Em ambos os casos é comum que os envolvidos desenvolvam Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs) que, muitas vezes, focam suas ações na restauração estrutural da vegetação como, por exemplo, o porte (altura e espessura) e a densidade da comunidade de árvores.

Realizar a restauração ecológica de uma área degradada, no entanto, depende de duas diretrizes chave: a incorporação de processos ecológicos e a ampliação da escala espacial na elaboração do plano de restauração ecológica. A seguir exploramos essas duas diretrizes com mais profundidade no intuito de esclarecer conceitualmente suas implicações para o planejamento da restauração.

Com o objetivo de facilitar a aplicação prática dessas diretrizes em PRADs e projetos de restauração ecológica, desenvolvemos um guia para a elaboração de planos de restauração ecológica. Os métodos utilizados na construção do guia, sua apresentação, aspectos socioeconômicos e um glossário dos termos mais relevantes para a restauração ecológica serão apresentados nas próximas seções. Os termos definidos no glossário aparecem destacados em negrito na primeira vez que são cunhados no texto.

## 2. Diretrizes para a restauração ecológica e sua base científica

### 2.1. O papel dos processos ecológicos na restauração

As concepções teóricas e práticas da restauração ecológica passaram por mudanças fundamentais nos últimos anos, partindo de uma abordagem baseada na restauração de aspectos estruturais (e.g., crescimento das mudas em altura e espessura) para uma abordagem focada na provisão de **processos ecológicos** (e.g., restabelecimento de **regeneração natural, dispersão de sementes**) (Bennett et al. 2009; Rodrigues et al. 2009; Brancalion et al. 2010). Este é um marco importante no histórico desta disciplina, pois incorpora um avanço teórico da Ecologia, que busca compreender comunidades e populações mais como **processos** do que como **estruturas** (Allen & Hoekstra 1992).

Os processos ecológicos são responsáveis pelo funcionamento e automanutenção dos ambientes naturais e, por isso, têm recebido crescente atenção daqueles que se interessam pela conservação da biodiversidade, dos serviços ecossistêmicos e dos recursos naturais (Mea 2005). Dentre estes processos, dois conjuntos merecem destaque para os fins da restauração ecológica: (a) aqueles que fazem parte de diferentes etapas da reprodução de muitas espécies vegetais (**polinização, dispersão de sementes e recrutamento de propágulos**) (Cullen et al. 2006); e (b) aqueles que garantem a variabilidade genética necessária para a manutenção de populações viáveis (**migração e fluxo gênico**) (Futuyma 1997). Esta série de processos ecológicos, por fim, irá favorecer outro processo ecológi-

co fundamental para a restauração, a regeneração natural das áreas degradadas, primeiramente em capoeiras e, com o passar do tempo, em florestas maduras (Whitmore 1991).

O processo de regeneração natural e a capacidade de automanutenção das matas são atualmente apontados como as principais metas dos projetos de restauração ecológica (Rodrigues et al. 2007). Isso significa que, do ponto de vista ecológico, ao se estabelecer objetivos para a restauração é necessário considerar os processos ecológicos responsáveis pela manutenção dos ecossistemas ao longo do tempo. Incorporar os processos ecológicos nos projetos de restauração, no entanto, requer o uso de protocolos de coleta de dados específicos além de uma compreensão sobre como esses processos ocorrem na **paisagem**, aspecto que será explorado na próxima seção.

Considerar apenas aspectos físicos ou estruturais, como altura e formação de dossel, pode resultar em uma estratégia falha e onerosa. Caso os processos ecológicos não sejam restaurados, a área em questão necessitará de esforços constantes numa tentativa de supri-los. É importante compreender que estruturas podem existir sem garantir a ocorrência de processo algum, mas por outro lado, a ocorrência de processos depende da presença de determinadas estruturas (Allen & Hoekstra 1992). Uma área dominada por uma espécie invasora, como é o caso do capim *Brachiaria* spp. ou da *Leucaena* sp., por exemplo, apresentam determinadas estruturas como o capinzal e as

árvores, mas tais estruturas não permitem a regeneração natural e devem ser combatidas no intuito de favorecer sua ocorrência.

## 2.2. A importância da escala espacial para a restauração ecológica

Projetos que considerem apenas as características da área que sofrerá a intervenção direta da restauração ecológica poderão ser ineficientes. Isso ocorre porque boa parte dos processos ecológicos que contribuirão com o sucesso do projeto operam em escalas espaciais mais amplas (George & Zack 2001). Uma paisagem é formada por **fragmentos** ou **manchas de habitat** que persistem em **matrizes** constituídas por diferentes formas de uso e ocupação do solo, formando o que chamamos de paisagem em **mosaico**. Os fragmentos de habitat na paisagem funcionam como áreas fonte de espécies animais e vegetais responsáveis pelos processos ecológicos relevantes para a restauração (Metzger 2001). A quantidade de habitat e a configuração espacial dos fragmentos na paisagem devem, portanto, influenciar a escolha das ações, os investimentos e o tempo necessário para se alcançar os resultados esperados.

A conectividade entre os fragmentos de habitat e a permeabilidade de suas matrizes são atributos da paisagem que permitem o fluxo de animais entre os fragmentos, possibilitando que as populações dos diferentes fragmentos se comportem como populações contínuas, favorecendo assim o fluxo gênico e reduzindo a

chance de extinção local. O trânsito de animais entre os fragmentos de habitat também promove a ocorrência de processos ecológicos chave para a restauração tais como a dispersão de sementes, a polinização e a migração (Baum et al. 2004, Ewers & Didham 2006, Boscolo et al. 2008). Note que os processos ecológicos importantes para a manutenção de ecossistemas viáveis dependem da mobilidade de animais, pólen, sementes e propágulos através da paisagem e, portanto ocorrem em escalas espaciais amplas (Bennett et al. 2009). Os atributos da paisagem relacionados com essa mobilidade vêm sendo perdidos devido à intensa e desordenada ocupação e uso do solo, que isola cada vez mais as manchas de habitat natural e impede o trânsito dos organismos entre elas (Scariot et al. 2005). Conhecer o contexto espacial da paisagem e identificar os fragmentos mais próximos, os de melhor qualidade (**maior heterogeneidade do habitat**) e os possíveis **corredores ecológicos** que se conectam com a área alvo deve ajudar na concepção de estratégias mais eficientes e menos onerosas para os projetos de restauração ecológica. Paisagens muito degradadas ou intensamente modificadas podem representar restrições importantes no que diz respeito à automanutenção das áreas restauradas assim como de fragmentos já consolidados ou unidades de conservação. O ordenamento do uso e ocupação do solo deve garantir paisagens viáveis para a sustentabilidade dos fragmentos de habitat natural existentes com o objetivo de conservar a biodiversi-

dade, os serviços ecossistêmicos e os recursos naturais.

Enfatizando o uso adequado das escalas espaciais, Rodrigues e colaboradores (2009) discutiram a importância de trabalhar o diagnóstico e planejamento na perspectiva da paisagem e focar os objetivos e as ações em nível local. Isto quer dizer que a reflexão interessante a ser feita não é apenas sobre qual a melhor técnica disponível, mas sobre o planejamento estratégico para o uso adequado das técnicas de maneira a potencializar a mobilidade dos organismos de fragmentos do entorno para a área alvo e a regeneração natural, garantindo que os objetivos principais da restauração sejam alcançados. É importante reconhecer que esta é uma tarefa complexa, afinal o planejamento depende de aspectos específicos de cada caso que serão conhecidos apenas na fase do diagnóstico.

### 3. Metodologia

A elaboração do nosso guia para o planejamento de ações em restauração ecológica (Apêndices 1 e 2) buscou integrar os conhecimentos teóricos discutidos acima sobre a provisão de processos ecológicos e a ampliação da escala espacial com o conhecimento técnico e científico derivados de pesquisas aplicadas produzidas no Brasil. Fizemos isso com o objetivo de garantir a compatibilidade da proposta com a realidade brasileira no que diz respeito ao clima, ecossistemas e legislação, favorecendo assim a sua utilização em projetos de restauração ecológica em ambientes florestais. Os artigos e produções técnicas analisados foram produzidos por grupos de pesquisa

reconhecidamente importantes na produção literária relacionada à restauração ecológica no Brasil, como o Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF / ESALQ / USP), o laboratório de Ecologia e Restauração da Biodiversidade (LERBIO / UFPE) e o Laboratório de Restauração Ambiental Sistêmica (UFSC). Incluímos na planilha de referência oito trabalhos (três manuais, duas teses e três artigos) que expuseram de maneira clara e didática a descrição de determinada técnica, seus objetivos e o processo ecológico relacionado.

Os materiais propostos neste trabalho apresentam os exemplos mais comuns e também mais documentados na literatura, que se mostrou estar focada em ambientes florestais. Os trabalhos de Metzger (2001), Primack e Rodrigues (2001) e Rodrigues e colaboradores (2011) trazem informações técnicas importantes para a compreensão dos fenômenos na escala da paisagem, sua ecologia e conservação.

## 4. Resultados

### *4.1 Guia para a elaboração de projetos de restauração ecológica:*

O guia para a elaboração de projetos de restauração ecológica é composto por dois documentos: o fluxograma e a planilha de referência (Apêndices 1 e 2), que funcionam de maneira complementar um ao outro. O fluxograma oferece um caminho possível para as etapas de diagnóstico e planejamento, explicitando as diretrizes apresentadas na primeira seção e as técnicas levantadas. A planilha de referência

oferece uma descrição das técnicas citadas no fluxograma, além da referência aos trabalhos que a descrevem, seus objetivos e os processos ecológicos envolvidos. É importante ressaltar que as técnicas expostas são somente exemplos das inúmeras que existem e que poderão ser usadas a depender de cada situação encontrada.

Na revisão realizada, o diagnóstico se mostrou uma etapa fundamental para os projetos de restauração ecológica, em que se deve buscar compreender o sistema a ser restaurado para então estabelecer um plano de ação (Rodrigues et al. 2011). Identificar dificuldades e potencialidades inerentes a esses sistemas além de seu contexto é fundamental para a escolha das técnicas mais apropriadas em cada caso. O fluxograma para elaboração de planos de restauração ecológica apresenta duas escalas de análise: escala local (área alvo do projeto), e escala da paisagem (entorno da área alvo). Cada uma dessas escalas deve ser avaliada sob a ótica de três componentes: fatores de impacto, indicadores estruturais e processos ecológicos.

As primeiras informações que devem ser investigadas estão relacionadas aos fatores de impacto causadores da degradação (Primack & Rodrigues 2001). Esses fatores podem impedir o desenvolvimento estrutural e o estabelecimento de processos ecológicos. Na escala local, os fatores de impacto mais comuns são o fogo, a presença de bovinos e caprinos (que causam herbivoria e compactação do solo por pisoteio) e a ocorrência de pragas e espécies competidoras

(Attanasio 2008). Na escala da paisagem, os principais fatores de impacto estão relacionados à configuração espacial dos fragmentos de habitat no entorno, assim como à qualidade desses fragmentos e da matriz que os circunda (Baum et al. 2004, Ewers & Didham 2006, Pardini et al. 2010). Compreender a **permeabilidade da matriz** e as oportunidades de trânsito de diferentes grupos animais entre os fragmentos de habitat (do entorno e da área alvo) é parte importante do diagnóstico. Em casos muito favoráveis (com fragmentos de alta qualidade e matriz com alta permeabilidade) os custos dos projetos podem ser reduzidos, enquanto cenários desfavoráveis (com poucos fragmentos de baixa qualidade e matriz com baixo potencial para o fluxo de animais) devem precisar de mais intervenções e, portanto, seus custos serão mais elevados. Uma vez identificados os fatores de impacto, devem ser definidas ações com o objetivo de promover o seu controle e/ou a sua eliminação.

A avaliação dos indicadores estruturais, por sua vez, deve identificar a presença ou ausência de estruturas físicas e biológicas que possam estar envolvidas em processos ecológicos chave para a restauração ecológica, tais como polinização, dispersão, ciclagem de nutrientes e regeneração natural. Os indicadores estruturais devem ser pensados sempre como meios para a ocorrência de processos ecológicos. Para os fins desta proposta, as estruturas devem, portanto, funcionar como indicadores da qualidade dos processos ecológicos presen-

tes ou de como os fatores de impacto agem sobre eles.

Na escala local é importante avaliar a qualidade do solo (presença da macrofauna edáfica e aspectos físicos do solo), a capacidade de regeneração natural (presença de mudas e propágulos e composição de bancos de sementes) e o estágio sucessional (estrutura da vegetação, composição da comunidade vegetal, hábito de vida e presença de espécies dominantes e regenerantes). Estes indicadores são importantes porque eles irão direcionar as técnicas e ações a serem empregadas na restauração. A ausência de mudas e propágulos na área alvo, por exemplo, pode indicar a falta de árvores matrizes na área ou no entorno, a presença de uma espécie invasora, a falta de visita na área por animais dispersores como aves, morcegos e roedores ou ainda a presença de animais de criação. Combinando as informações do diagnóstico como um todo é possível identificar os principais problemas que devem ser reparados e as técnicas que vão promover essa reparação.

Na escala da paisagem, os indicadores estruturais devem identificar a presença de fragmentos de habitat próximos à área alvo, a qualidade desses fragmentos e a conectividade entre esses fragmentos e a área alvo. Fragmentos de alta qualidade ambiental (estágio avançado de regeneração, tamanho grande) próximos à área podem ser identificados como uma potencialidade para a restauração. A influência desse fragmento na área alvo, no entanto vai depender do trânsito de animais disperso-

res e polinizadores do fragmento para a área alvo. Esse trânsito de animais por sua vez depende da permeabilidade da matriz (qualidade da matriz e presença de **stepping stones**) e da atratividade que a área alvo representa para estes animais. Estratégias que visem o aumento da atratividade da área alvo (plantio de espécies frutíferas e melíferas) e da permeabilidade da matriz (plantio de árvores formando um caminho para aves, por exemplo) podem ajudar a promover o fluxo de animais entre a área alvo e manchas de habitat no entorno.

Os processos ecológicos podem ser acessados direta ou indiretamente. Em casos de degradação extrema, quando a área alvo encontra-se em estágio de sucessão inicial, com presença de espécies invasoras dominantes e de pragas, os processos ecológicos podem ser acessados indiretamente através dos indicadores estruturais presentes. Uma situação de degradação como a descrita acima, por exemplo, não oferece sequer as estruturas necessárias para conduzir um teste de polinização por vetores pela simples ausência de flores com síndromes de atração de animais para serem polinizadas. Já em projetos onde a área alvo encontra-se em estágios mais avançadas de regeneração, os processos devem ser medidos diretamente através de testes de polinização, dispersão e recrutamento de propágulos.

Na escala local, os processos ecológicos que devemos acessar são, assim como no caso dos indicadores estruturais, aqueles relacionados à qualidade do solo (ciclagem de nutrientes, fauna edáfica) e à regeneração natural (de-

envolvimento de sementes, mudas e propágulos, **diversidade funcional**). A diferença está nos indicadores analisados e nos protocolos de coleta desses indicadores. Informações sobre esses processos devem ajudar na escolha das técnicas a serem utilizadas na restauração de determinada área. Na escala da paisagem os processos ecológicos mais relevantes para a restauração, como a polinização e a dispersão de sementes, dependem do entorno da área alvo e já foram discutidos acima.

Um diagnóstico abrangente, que considere aspectos levantados na escala local e da paisagem, associado a uma compreensão mais adequada dos indicadores e das relações que se dão entre os fatores de impacto, os componentes estruturais e os processos ecológicos devem auxiliar na escolha das técnicas a serem empregadas e na elaboração e execução de projetos de restauração ecológica. A tabela 1 traz um resumo dos principais fatores de impacto e os indicadores estruturais e processos ecológicos afetados por cada fator de impacto.

Este trabalho procurou sistematizar um roteiro para o diagnóstico e planejamento, visando conferir aos projetos maior eficiência no estabelecimento e cumprimento de seus objetivos. Cumprir todas as etapas desta proposta deve auxiliar a compreensão do sistema a ser restaurado e consequentemente o desenvolvimento dos projetos de restauração ecológica. No entanto, sugerimos o uso crítico desta ferramenta, de maneira que se pode lançar mão de diferentes técnicas desde que elas estejam afinadas com as especificidades locais quanto à dispo-

**Tabela 1:** Resumo das relações identificadas entre os principais fatores de impacto e os indicadores estruturais e processos ecológicos afetados por esse impacto.

	Fatores de Impacto	Indicadores Estruturais	Processos Ecológicos Afetados
ESCALA LOCAL	Fogo	Fauna do solo	Ciclagem de nutrientes
		Banco de sementes	Regeneração
		Mudas e propágulos	Regeneração
	Erosão do solo	Perda de solo, voçoroca	Ciclagem de nutrientes
			Regeneração
	Pisoteio por bovinos e caprinos	Compactação do solo	Ciclagem de nutrientes
			Regeneração
	Herbivoria por bovinos e caprinos	Mudas e propágulos	Regeneração
	Herbivoria por pragas	Mudas e propágulos	Regeneração
	Doenças por pragas	Mudas e propágulos	Regeneração
Fauna do solo		Ciclagem de nutrientes	
Ocorrência de espécies competidoras	Banco de sementes	Regeneração	
	Espécies exóticas ou dominantes	Regeneração	
ESCALA DA PAISAGEM	Fragmentação	Conectividade entre habitats	Disperção
			Polinização
	Qualidade da Matriz	Permeabilidade de matriz	Disperção
			Polinização
	Perda de habitat	Tamanho e qualidade do habitat	Diversidade funcional <sup>1</sup>
Biodiversidade			

<sup>1</sup> A diversidade funcional não é um processo ecológico propriamente dito, mas está relacionada a muitos deles e por este motivo foi incluído nesta tabela.

nibilidade de recursos físicos, humanos ou biológicos. A lição importante a ser aprendida com esta ferramenta está no planejamento estratégico que se é capaz de produzir a partir da melhor compreensão que se possa ter sobre o sistema a ser trabalhado.

#### 4.2. Relevância de aspectos socioeconômicos relacionados à restauração ecológica:

É importante enfatizar que os com-

ponentes desta análise devem abarcar não só aspectos ecológicos do sistema, mas também os aspectos socioeconômicos da região que possam interferir direta ou indiretamente nos projetos de restauração ecológica (Mesquita et al. 2010). Um exemplo é a participação das comunidades locais nos processos onde a restauração pode configurar fonte de temas educacionais, de emprego e renda, mudando posturas e atitudes em relação aos ambientes



restaurados (Hall & Bauer-Armstrong 2010, Mesquita et al. 2010).

A incorporação desses aspectos desde o diagnóstico pode ser um elemento chave para o sucesso de um projeto. A geração de emprego e renda local e a capacitação técnica, assim como atividades de pesquisa e extensão, são algumas oportunidades para promover a integração entre o projeto e o contexto social de seu entorno. A utilização de viveiros agroflorestais comunitários para produção de sementes e mudas (Cullen et al. 2006, Rodrigues et al. 2009) é um dos exemplos das atividades que podem ser desenvolvidas entre projetos de restauração e a comunidade local. A educação ambiental e a articulação com o poder público também são aspectos importantes que, além de contribuir para os projetos de restauração, promovem a participação social na construção de uma paisagem sustentável (Hall & Bauer-Armstrong 2010). Outra oportunidade interessante para a interação entre os projetos de restauração ecológica e seu contexto social econômico e político é discutida por Alexander e colaboradores (2011) e está relacionada com os programas mundiais de redução da emissão de gases do efeito estufa e sequestro de carbono, que podem render créditos monetários e diminuir os custos dos projetos de restauração.

## 5. Conclusão

De acordo com a revisão da literatura levantada neste trabalho, foi possível notar mudanças sobre a maneira de pensar as estratégias dos projetos de restauração ecológica. A principal delas é o desvio do foco em objetivos

relacionados puramente ao desenvolvimento da estrutura física da floresta para focar na ocorrência de processos ecológicos. (Bennett et al. 2009, Rodrigues et al, 2009). A partir da compreensão do papel das estruturas como meio para a ocorrência de processos ecológicos deriva-se uma outra sugestão de mudança para projetos de restauração: a ampliação da escala espacial de análise para o diagnóstico e planejamento, normalmente restrita à área do projeto. Assumir a importância da paisagem na restauração de processos ecológicos pode garantir a auto-manutenção dos fragmentos a serem restaurados. Compreender esses processos e os atributos da paisagem que estão envolvidos em sua manutenção é um passo chave para o planejamento das ações de projetos em restauração. Essa compreensão, no entanto, depende das condições específicas de cada projeto onde os executores devem ser capazes de identificar os fatores mais relevantes para a implantação e desenvolvimento dos projetos. Na fase do diagnóstico é importante olhar para as estruturas físicas, buscando identificar os elementos que causam a degradação e também aqueles que faltam para a ocorrência de determinados processos ecológicos. O planejamento das ações deve procurar usar técnicas específicas para eliminar os fatores de impacto e criar ou aperfeiçoar as estruturas necessárias para a ocorrência dos processos ecológicos abordados.

Seguir essas diretrizes em projetos de restauração ecológica deve garantir não apenas a recuperação física das áreas restauradas, mas também a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos importantes para

a sobrevivência humana, como a provisão de água, a produção de alimentos através da manutenção da qualidade do solo, controle de pragas e polinização, além de serviços ligados ao bem estar, recreação e manifestações culturais, como o controle da temperatura e preservação de monumen-

tos naturais. A restauração ecológica, portanto, oferece possibilidades que vão além da reconstrução de florestas para o cumprimento da legislação, ela fortalece os elementos determinantes para a sustentabilidade dessas florestas e de todos os benefícios e riquezas que elas podem gerar.

## Glossário de termos e conceitos importantes

**Corredores ecológicos** – elemento da paisagem capaz de conectar estruturalmente diferentes fragmentos de habitat. Normalmente apresentam configuração espacial linear.

**Dispersão de sementes** – processo em que as sementes são distribuídas para um local diferente de onde está a planta mãe. Pode ser realizada por agentes físicos como o vento e a água ou por agentes biológicos como insetos e vertebrados, que carregam os frutos para esconderijos e/ou tocas ou que ingerem frutos e suas sementes e ao defecar levam as sementes para outros locais.

**Diversidade funcional** – variedade de componentes biológicos relacionados ao funcionamento dos ecossistemas. Processos ecológicos são os mecanismos responsáveis por esse funcionamento.

**Elemento da paisagem** – unidade da paisagem que em conjunto com elementos de diferentes categorias formam um mosaico. Manchas, fragmentos de habitat, corredores e matriz são exemplos dos diferentes elementos que podem compor uma paisagem.

**Estruturas** – se referem à dimensão física de entidades materiais. Uma população de organismos, por exemplo, pode ser compreendida como uma estrutura se for considerado apenas

aspectos físicos, como tamanho e densidade populacional.

**Fluxo gênico** – processo pelo qual genes de uma população são transferidos para outra população em uma paisagem. Para animais, está associado a migrações de indivíduos entre diferentes populações. Para plantas, está associado aos processos de polinização e dispersão de sementes e propágulos. Todos esses processos dependem da capacidade de diferentes grupos animais se moverem através da paisagem.

**Fragmento de habitat** – elemento da paisagem originado da fragmentação de uma área de habitat uma vez contínuo na paisagem.

**Heterogeneidade do habitat** – representa a complexidade estrutural da floresta. Quanto mais complexo o habitat maior deve ser a diversidade de hábitos ocupados pela vegetação tais como, ervas, epífitas, trepadeiras, arbustos e árvores. Além da complexidade estrutural, a diversidade vegetal oferece uma variedade de recursos como flores, frutos e sementes, que servem de alimento para muitas espécies animais.

**Mancha de habitat** – elemento da paisagem formado por uma área de habitat natural com tamanho variado e formato não linear.

**Matriz** – elemento da paisagem que representa a maior porcentagem da paisagem. Em paisagens rurais é equivalente à soma das terras destinadas para a agropecuária, excluindo as áreas de fragmentos de mata.

**Mosaico** – Configuração espacial heterogênea, contendo mais de um elemento da paisagem.

**Paisagem** – Conjunto de diferentes elementos da paisagem, numa escala espacial de observação que evidencie sua heterogeneidade.

**Permeabilidade da matriz** – capacidade da matriz em promover/permitir a mobilidade das espécies entre diferentes fragmentos de mata numa paisagem.

**Polinização** – processo de transferência de pólen entre as flores de uma população de plantas. Esse processo garante a fecundação cruzada das plantas, promovendo maior variabilidade genética para a população. A polinização pode ser realizada por fatores abióticos como a água e o ar, mas seus principais vetores são insetos como as abelhas e outros invertebrados e vertebrados.

**Processos** – se referem às interações que ocorrem entre as entidades materiais ou estruturas físicas. Uma população de organismos, por exemplo, pode ser compreendida como um processo se considerarmos as interações que se estabelecem entre os indivíduos dessa e de outras populações, tais como

aquelas responsáveis pela reprodução, como a polinização, dispersão e recrutamento.

**Processos ecológicos** – interações entre diferentes componentes da biodiversidade capazes de manter o funcionamento e a manutenção de um determinado ecossistema.

**Recrutamento de propágulos** – processo de desenvolvimento de plântulas de determinadas espécies ou grupos funcionais. É um indicador importante de que populações e comunidades vegetais estão se reproduzindo.

**Regeneração Natural** – processo em que a vegetação natural perturbada ou suprimida restaura ou recupera o conjunto de características da floresta madura. Inclui tanto mudanças direcionais e previsíveis, como também mudanças não direcionais, muito mais comuns em florestas tropicais.

**Stepping stones** – estruturas também conhecidas como trampolins ecológicos, são capazes de facilitar o fluxo de animais na paisagem.

Para evitar a imprecisão e ambiguidade de conceitos como: corredores, conectividade, fragmento, matriz, mosaico, paisagem, *stepping stones*, consideramos os significados expostos no glossário do estudo produzido por Metzger (2001). Os outros conceitos foram definidos pelos autores para efeito desta proposta.

## Agradecimentos

Aos nossos professores Pedro Luís Bernardo da Rocha e Charbel Niño El-Hani pela oportunidade de participar das atividades do Projeto INOME (Integrando Níveis de Organização em Modelos Ecológicos Preditivos) e pelo incentivo em divulgar os resultados de nossas experiências. Aos revisores anônimos e editores da revista *Caititu* por sua colaboração em tornar o artigo mais claro e organizado.

## Referências

- Alexander S, Nelson CR, Aronson J, Lamb D, Cliquet A, Erwin KL, Finlayson CM, de Groot RS, Harris JA, Higgs ES, Hobbs RJ, Lewis III RRR, Martinez D, Murcia C 2011. Opportunities and challenges for ecological restoration within REDD+. *Restoration Ecology* 19(6): 683–689. [CrossRef](#)
- Allen THF & Hoekstra TW 1992. *Toward a Unified Ecology*. New York. Columbia University Press. First Ed. 384 pp.
- Attanasio CM 2008. Manual técnico: Restauração e monitoramento da mata ciliar e da reserva legal para a certificação agrícola – conservação da biodiversidade na cafeicultura. IMAFLORA, Piracicaba. 60 pp. [Visualizar Item](#)
- Baum KA, Haynes KJ, Dilleuth FP & Cronin JT 2004. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. *Ecology* 85(10): 2671–2676. [CrossRef](#)
- Bennett AF, Haslem A, Cheal DC, Clarke MF, Jones RN, Koehn JD, Lake PS, Lumsden LF, Lunt ID, Mackey BG, Mac Nally R, Menkhorst PW, New TR, Newell GR, O’Hara T, Quinn GP, Radford JQ, Robinson D, Watson JEM, Yen AL 2009. Ecological processes: a key element in strategies for nature conservation. *Ecological Management & Restoration* 10(3): 192–199. [CrossRef](#)
- Boscolo D, Candia-Gallardo C, Awade M. & Metzger JP 2008. Importance of interhabitat gaps and stepping-stones for lesser woodcreepers (*Xiphorhynchus fuscus*) in the Atlantic Forest, Brazil. *Biotropica* 40(3): 273–276. [CrossRef](#)
- Brancalion PHS, Rodrigues RR, Gandolfi S, Kageyama PY, Nave AG, Gandara, FB, Barbosa LM, Tabarelli M 2010. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. *Revista Árvore* 34(3): 455–470. [CrossRef](#)
- Cullen Jr. L, Borges HG, Lima JF, Campos N, Beltrame TP, Moscolgiato AV, Ronconi E 2006. Restauração em paisagens e desenvolvimento socioambiental em assentamentos rurais do Pontal de Paranapanema. *Agriculturas* 3(3): 24–28. [Visualizar Item](#)
- Famato, Sema, TNC 2008. Recuperação de áreas degradadas: uma proposta para o cerrado da bacia hidrográfica do Rio São Lourenço – Mato Grosso. Governo Federal, Brasília. 31 pp. [Visualizar Item](#)
- Duarte, RMR & Bueno MSG 2006. Fundamentos ecológicos aplicados à RAD para Matas ciliares do interior paulista. *In* Barbosa LM [Coord.] Manual para

- a recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: Matas ciliares do interior paulista. Instituto de Botânica, São Paulo. [Visualizar Item](#)
- Ewers RM & Didham RK 2006. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews* 81(1): 117-142. [CrossRef](#)
- Futuyma D 1997. *Biologia Evolutiva* 2° Ed. FUNPEC, Ribeirão Preto. 631 pp.
- Garcia LC, Barros FV, Lemos-Filho JP 2009. Fructification phenology as an important tool in the recovery of iron mining areas in Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 69(3): 887-893. [CrossRef](#)
- George TL & Zack E 2001. Spatial and temporal considerations in restoring habitat for wildlife. *Restoration Ecology* 9(3): 272-279. [CrossRef](#)
- Hall R & Bauer-Armstrong C 2010. Earth partnership for schools: ecological restoration in schools and communities. *Ecological Restoration* 28(2): 208-212. [CrossRef](#)
- Isernhagen I 2010. Uso de sementeira direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas, sudeste do Brasil. Tese (Doutorado em Recursos Ambientais) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 105 pp. [Visualizar Item](#)
- MEA - Millennium Ecosystem Assessment 2005. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC. 86 pp. [Visualizar Item](#)
- Melo, VA. 1997. Poleiros artificiais e dispersão de sementes por aves em uma área de reflorestamento, no estado de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Florestal de Viçosa. Viçosa. 40 pp. [Visualizar Item](#)
- Mesquita CAB, Holvorcem CGD, Lyrio CH, de Menezes PD, Dias JDS, Azevedo Jr. JF 2010. COOPLANTAR: a Brazilian initiative to integrate forest restoration with job and income generation in rural areas. *Ecological Restoration* 28(2):199-207. [CrossRef](#)
- Metzger JP 2001. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica* 1(1): 1-9. [Visualizar Item](#)
- Pardini R, Bueno AA, Gardner TA, Prado PI, Metzger JP 2010. Beyond the frag-

- mentation threshold hypothesis: regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. *PlosOne* 5(10): 1-10. [CrossRef](#)
- Primack RB & Rodrigues E 2001. *Biologia da Conservação*. Editora Planta, Londrina. 328 pp.
- Reis A, Bechara FC, Espíndola MB, Vieira NK., SOUZA LL 2003. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza & Conservação* 1(1): 28-36. [Visualizar Item](#)
- Reis A, Tres DR, Scariot EC 2007. Restauração na floresta ombrófila mista através da sucessão natural. *Pesquisa Florestal Brasileira* 55: 67-73. [Visualizar Item](#)
- Rodrigues RR, Gandolfi S, Nave AG, Attanasio CM 2007. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. *Pesquisa Florestal Brasileira* 55: 7-21. [Visualizar Item](#)
- Rodrigues RR, Lima RAF, Gandolfi S, Nave AG 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation* 142(6): 1242-1251. [CrossRef](#)
- Rodrigues RR, Gandolfi S., Nave AG, Aronson J, Barreto TE, Vidal CY, Brancalion PHS 2011. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. *Forest Ecology and Management* 261(10): 1605-1613. [CrossRef](#)
- Scariot A., Mariano-Neto E, Freitas SR, Nascimento MT, Oliveira LC, Sanaiotti T, Sevilha AC, Villella DM 2005. Efeitos da fragmentação sobre a biodiversidade: vegetação e flora. In DM Ramboldi & DAS Oliveira [Orgs], *Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. MMA/SBF, Brasília. 2ª Ed. Pp.103-123.
- Whitmore TC 1991. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. In A Gómez-Pompa, TC Whitmore, M. Hadley [Eds] *Tropical rain forest: regeneration and management*. Blackwell, New York. Pp 67-89.

## Sobre os autores

---

**Juliana Costa Piovesan** é bióloga e mestre em Ecologia e Biomonitoramento pela Universidade Federal da Bahia. Atualmente está envolvida como colaboradora em atividades de pesquisa e extensão desenvolvidos no Instituto de Biologia da UFBA, estando vinculada ao grupo de pesquisa em História, Filosofia e Ensino de Ciências Biológicas e ao Núcleo de pesquisa em Conservação e Biodiversidade (NUPECBio).

E-mail: julipio@yahoo.com.br

---

**Rafael de Almeida Melo Hataya** é biólogo com habilitação em Recursos do Meio Ambiente, pelo Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (IBIO-UFBA). Atualmente cursa Bacharelado em Gastronomia pela Escola de Nutrição da Universidade Federal da Bahia (ENUFBA-UFBA).

E-mail: rafhataya@hotmail.com

---

**Clarissa Machado Pinto-Leite** é bióloga e mestre em Ecologia e Biomonitoramento pela Universidade Federal da Bahia. Atualmente cursa o doutorado em Ecologia nessa mesma Universidade com tema de tese relacionado a limiares de extinção de animais da Mata Atlântica.

E-mail: clarismachado@gmail.com

---

**Dary Moreira Gonçalves Rigueira** é biólogo e mestre em Ecologia e Biomonitoramento pela Universidade Federal da Bahia. Atuou como professor nessa Universidade e como pesquisador da ONG Fundação OndAzul. Atualmente cursa o doutorado em Ecologia nessa mesma Universidade com foco em ecologia florestal, ecologia de paisagens e conservação e está vinculado ao núcleo de pesquisa em Conservação e Biodiversidade (NUPECBio) da Universidade Federal da Bahia.

E-mail: daryrigueira@yahoo.com.br

---

**Eduardo Mariano Neto** é biólogo, doutorado em Ecologia de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal da Bahia e atua nas áreas de pesquisa e extensão em ecologia de paisagens, conservação da biodiversidade, ecologia de comunidades arbóreas e restauração ecológica.

E-mail: marianon@gmail.com

O que achou desse texto? [Clique para opinar.](#)



---

#### **Citação**

Piovesan et al. 2013. Processos ecológicos e a escala da paisagem como diretrizes para projetos de restauração ecológica. Revista Caititu – aproximando teoria ecológica e aplicação 1(1): 57-72  
doi:10.7724/caititu.2013.v1.n1.d05

#### **Arbitragem**

Esse texto foi submetido à avaliação por pares.  
Editor: Charbel Niño El-Hani, Universidade Federal da Bahia, Brasil

#### **Copyright**

© 2013 Piovesan et al. Este é um texto de acesso livre distribuído sob os termos da Licença Creative Commons, que permite uso, distribuição e reprodução sem fins comerciais em qualquer mídia, contanto que os autores e fonte sejam creditados.

---