

# Princípios da *SER International* sobre a restauração ecológica

SER (*Society for Ecological Restoration International* – Sociedade Internacional  
para a Restauração Ecológica)

Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política (Versão 2: outubro de 2004)\*

Seção 1: Introdução .....	2
Seção 2: Definição de restauração ecológica.....	3
Seção 3: Atributos dos ecossistemas restaurados .....	4
Seção 4: Explicação da terminologia .....	5
Seção 5: Ecossistemas de referência .....	9
Seção 6: Espécies exóticas .....	10
Seção 7: Monitoramento e avaliação .....	11
Seção 8: Planejamento da restauração .....	12
Seção 9: Relação entre a prática da restauração e a ecologia da restauração .....	13
Seção 10: Relação da restauração com outras atividades .....	13
Seção 11: A integração da restauração ecológica em um programa mais amplo .....	14
<i>Society for Ecological Restoration International</i> .....	15

Este trabalho deve ser citado como: *Society for Ecological Restoration (SER) International*, Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. 2004. Princípios da *SER International* sobre a restauração ecológica. [www.ser.org](http://www.ser.org) y Tucson: *Society for Ecological Restoration International*.

Os principais autores desses Princípios foram André Clewell (Quincy, Flórida, Estados Unidos da América), James Aronson (Montpellier, França) e Keith Winterhalder (Sudbury, Ontário, Canadá). Clewell inicialmente propôs esta apresentação introdutória e escreveu a versão inicial. Aronson e Winterhalder, em colaboração com Clewell, redigiram a versão atual dos Princípios. Winterhalder, na condição de presidente do Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política da *SER*, coordenou esta tarefa e convidou outros membros do referido Grupo a participarem. Eric Higgs (Victoria, Colúmbia Britânica, Canadá) preparou a seção da Introdução. Dennis Martinez (Douglas City, Califórnia, Estados Unidos da América) contribuiu com um informe detalhado sobre como se fundamentou o texto quanto aos ecossistemas culturais. Outros membros do Grupo de Trabalho, particularmente Richard Hobbs (Murdoch, Austrália Oeste, Austrália), James Harris (London, Reino Unido), Carolina Murcia (Cali, Colômbia) e John Rieger (San Diego, Califórnia, Estados Unidos da América), fizeram comentários e sugestões à medida que avançava o projeto. O Grupo de Trabalho agradece a Eric Higgs, ex-presidente do Conselho Diretor da *SER International*, por sua colaboração e por ter apresentado o texto dos Princípios aos diretores da referida entidade, que o adotaram como documento oficial em 6 de abril de 2002, mediante decisão unânime.

Este documento substitui o texto Políticas de Projetos da *SER International*, que se publicou originalmente na revista *Restoration Ecology* 2(2):132-133, 1994, e que foi disponibilizado posteriormente na página da *SER International* na Internet. Este documento também substitui a política sobre Avaliação de Projetos, também colocada na página da *SER International* na Internet. As políticas ambientais da *SER International*, originalmente publicadas na *Restoration Ecology* 1(3):206-207, 1993, permanecem vigentes.

Este documento foi traduzido do inglês por James Jackson Griffith (Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, [griffith@ufv.br](mailto:griffith@ufv.br)), Elias Silva (Professor Associado da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, [eshamir@ufv.br](mailto:eshamir@ufv.br)), Don Duane Williams (aposentado, ex-gerente de Mineração da Alcoa Alumínio S.A., Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil, [donw935@gmail.com](mailto:donw935@gmail.com)) e Maurício Balensiefer (Professor Adjunto da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, e Presidente da SOBRADE – Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, [mauricio@sobrade.com.br](mailto:mauricio@sobrade.com.br)).

\*O conteúdo da segunda versão é exatamente igual ao da primeira, publicada em 2002, exceto o fato de ter sido acrescentado “International” ao nome *SER*, ademais da colocação de fotos e da redefinição da apresentação gráfica. A segunda versão foi publicada simultaneamente em forma impressa e na Internet, em [www.ser.org](http://www.ser.org).

## Seção 1: Introdução

A restauração ecológica é uma atividade deliberada, que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema com respeito à sua saúde, integridade e sustentabilidade. Com frequência, o ecossistema que requer restauração foi degradado, danificado, transformado ou totalmente destruído como resultado direto ou indireto das atividades humanas. Em alguns casos, esses impactos aos ecossistemas foram causados ou agravados por causas naturais, tais como incêndios, inundações, tempestades ou erupções vulcânicas, até um grau em que o ecossistema não pode restabelecer-se por si próprio, conforme seu estado anterior à alteração ou à sua trajetória histórica de desenvolvimento.

A restauração procura retornar um ecossistema à sua trajetória histórica. Para tanto, as condições históricas são o ponto de partida ideal para planejar a restauração. O ecossistema restaurado pode não recuperar sua condição anterior, devido a limitações e condições atuais que podem orientar seu desenvolvimento por uma trajetória diferente. A trajetória histórica de um ecossistema gravemente impactado pode ser difícil ou impossível de se determinar com exatidão. Não obstante, a direção geral e os limites dessa trajetória podem ser estabelecidos por meio de uma combinação de conhecimentos sobre a estrutura, composição e funcionamento preexistentes do ecossistema danificado, de estudos de ecossistemas intactos comparáveis, de informações sobre condições ambientais da região e análises de outras informações ecológicas, culturais e históricas do ecossistema referência. Essa combinação de fontes permite traçar a trajetória histórica ou condições de referência a partir dos dados ecológicos iniciais e com o auxílio de modelos preditivos. A emulação desse processo, durante a restauração, deverá ajudar a guiar o ecossistema a uma melhor saúde e integridade.

A restauração representa um comprometimento de terras e recursos a um indefinido longo prazo, de tal forma que a proposta de restaurar um ecossistema requer uma deliberação cuidadosa. As decisões coletivas têm maior probabilidade de serem acatadas e executadas que aquelas tomadas unilateralmente. Portanto, é conveniente para todos os participantes tomarem por consenso a decisão de se iniciar um projeto de restauração. Uma vez que se toma a decisão de restaurar, o projeto requer um planejamento cuidadoso e sistemático, além de um plano de acompanhamento dirigido ao restabelecimento do ecossistema. A necessidade de planejamento é ainda maior quando a unidade a ser restaurada é uma paisagem complexa de ecossistemas contíguos.

As intervenções que se empregam na restauração variam muito entre projetos, dependendo da extensão e duração das perturbações passadas, das condições culturais que têm transformado a paisagem e das oportunidades e limitações atuais. Na mais simples das circunstâncias, a restauração implica eliminar ou modificar uma alteração específica, para permitir que os processos ecológicos se recuperem por si mesmos. Por exemplo, a remoção de um dique ou represa permite o retorno de um regime histórico de inundações. Em circunstâncias mais complexas, a restauração também poderia requerer uma reintrodução intencional de espécies indígenas que desapareceram, e da eliminação ou controle, até onde seja possível, de espécies exóticas invasoras e daninhas. Com frequência, a degradação ou transformação de um ecossistema tem origens múltiplas e prolongadas, de modo que desaparecem os seus constituintes históricos. Às vezes, a trajetória de desenvolvimento de um ecossistema degradado fica totalmente bloqueada e sua recuperação por meio de processos naturais parece demorar indefinidamente. Em todos esses casos, entretanto, a restauração ecológica busca iniciar ou facilitar a retomada de todos esses processos, os quais retornarão o ecossistema à trajetória desejada.

Quando se alcança a trajetória desejada, é possível que o ecossistema manipulado já não requeira mais ajuda externa para assegurar sua futura saúde e integridade. Neste caso, se pode considerar como

terminada a restauração. Não obstante, o ecossistema restaurado muitas vezes requer um manejo constante para contrapor a invasão de espécies oportunistas, os impactos de várias atividades humanas, as mudanças climáticas e outros acontecimentos imprevisíveis. Nesse aspecto, um ecossistema restaurado não difere de um ecossistema não danificado do mesmo tipo, sendo que ambos provavelmente precisarão de algum nível de manejo. Ainda que a restauração do ecossistema e o manejo do mesmo façam parte de um continuum, empregando métodos semelhantes de intervenção, a restauração ecológica tem como meta auxiliar ou iniciar a recuperação, enquanto o manejo objetiva garantir o bem-estar constante do ecossistema restaurado daí em diante.

Alguns ecossistemas, especialmente em países em desenvolvimento, ainda são manejados tradicionalmente por meio de práticas culturais sustentáveis. Nesses ecossistemas culturais existe uma reciprocidade entre as atividades culturais e os processos ecológicos, de tal forma que as ações humanas reforçam a saúde e sustentabilidade do ecossistema. Muitos ecossistemas culturais têm sofrido, devido ao crescimento demográfico e a vários tipos de pressões externas, necessitando agora de restauração. A restauração de tais ecossistemas normalmente envolve a recuperação concomitante das práticas indígenas de manejo ecológico, incluindo-se o apoio para a sobrevivência cultural dos povos indígenas e suas línguas, como bibliotecas vivas de conhecimento ecológico tradicional. A restauração ecológica incentiva e pode eventualmente depender da participação da população local em longo prazo. Atualmente, as condições culturais das chamadas culturas tradicionais estão passando por mudanças sem precedentes em escala mundial. Para amenizar essa mudança, a restauração ecológica pode aceitar e até incentivar novas práticas culturalmente apropriadas e sustentáveis, desde que levem em conta as condições e limitações contemporâneas. Nesse sentido, o enfoque norte-americano sobre a restauração de paisagens prístinas faz pouco ou nenhum sentido em ambientes como a Europa, onde as paisagens culturais se constituem na norma, ou em grande parte da África, Ásia e América Latina, em que a restauração ecológica é indefensável, a menos que manifestadamente se fortaleça a base ecológica para a sobrevivência humana.

O que torna a restauração ecológica especialmente inspiradora é que as práticas culturais e os processos ecológicos podem se reforçar mutuamente. Em razão disso, não é surpreendente que o interesse pela Restauração ecológica esteja crescendo rapidamente no mundo inteiro e que, na maioria dos casos, se baseie em crenças e práticas culturais para ajudar na determinação e na formulação daquilo que será executado sob a rubrica da restauração.

A definição que se apresenta na próxima seção, que é endossada oficialmente pela *SER International*, apesar de suficientemente generalizada para permitir uma variedade ampla de abordagens sobre restauração, dá importância à idéia historicamente rica de “recuperação”.

## **Seção 2:**

### **Definição de restauração ecológica**

A restauração ecológica é o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído.

### **Seção 3:**

## **Atributos dos ecossistemas restaurados**

Esta seção trata a questão da significância do termo “recuperação” quanto à restauração ecológica. Um ecossistema é considerado recuperado – e restaurado – quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais. Tal subsistema será capaz de se manter tanto estruturalmente quanto funcionalmente. Demonstrará resiliência normal aos limites normais de estresse e distúrbio ambientais. Interagirá com ecossistemas contíguos em termos de fluxos bióticos e abióticos e interações culturais.

Os nove atributos listados a seguir fornecem uma base para determinar quando a restauração foi alcançada. Não é necessária a expressão total de todos esses atributos para demonstrar restauração. Em vez disso, somente é necessário que esses atributos demonstrem uma trajetória apropriada de desenvolvimento ecossistêmico orientada às metas ou referência desejadas. Alguns dos atributos são facilmente mensurados. Outros precisam ser avaliados indiretamente, incluindo a maioria das funções ecossistêmicas, que não podem ser medidas sem se recorrer a investigações científicas que ultrapassariam as capacidades e orçamentos da maioria dos projetos de restauração.

1. O ecossistema restaurado contém um conjunto característico de espécies que ocorrem no ecossistema de referência, fornecendo uma estrutura apropriada de comunidade.
2. O ecossistema restaurado consiste de espécies indígenas até o máximo grau possível. Nos ecossistemas culturais restaurados, se permite a ocorrência de espécies exóticas domesticadas e de espécies ruderais não invasoras, além das arvenses, que presumidamente coevoluíram com elas. As espécies ruderais são representadas por plantas que colonizam sítios perturbados, enquanto as arvenses crescem entre plantas de cultivo.
3. Todos os grupos funcionais necessários para o desenvolvimento contínuo e, ou estabilidade do ecossistema restaurado se encontram representados ou, caso não estejam presentes, os grupos ausentes possuem potencial para colonizar o ambiente por meios naturais.
4. O ambiente físico do ecossistema restaurado possui a capacidade de suportar as populações reprodutivas das espécies necessárias para sua estabilidade contínua ou desenvolvimento ao longo da trajetória desejada.
5. O ecossistema restaurado aparentemente funciona de modo normal, de acordo com seu estado ecológico de desenvolvimento, não existindo sinais de disfunção.
6. O ecossistema restaurado foi integrado adequadamente com a matriz ecológica ou a paisagem, com a qual interage através de fluxos e intercâmbios abióticos e bióticos.
7. As ameaças potenciais à saúde e à integridade do ecossistema restaurado foram eliminadas ou reduzidas ao máximo possível.
8. O ecossistema restaurado é suficientemente resiliente para suportar os eventos periódicos normais de estresse que ocorrem no ambiente local e que servem para manter a integridade do ecossistema.
9. O ecossistema restaurado é auto-sustentável, ao mesmo grau que seu ecossistema de referência, e possui o potencial para persistir indefinidamente sob as condições ambientais existentes.

Entretanto, aspectos da sua biodiversidade, da estrutura e do seu funcionamento podem mudar como parte do desenvolvimento ecossistêmico normal, e podem flutuar em resposta ao estresse periódico normal e eventos ocasionais de distúrbio de maior consequência. Como acontece com qualquer ecossistema intacto, a composição de espécies e outros atributos do ambiente restaurado podem sofrer alteração, se as condições ambientais mudarem.

É possível que outros atributos ganhem relevância e devam ser acrescentados a esta lista, à medida que sejam identificados como metas do projeto de restauração. Por exemplo, uma das metas da restauração poderia ser o fornecimento sustentável de determinados bens e serviços naturais, resultando em benefícios sociais. Neste contexto, o ecossistema restaurado serve como capital natural para o acúmulo destes bens e serviços. Outra meta poderia ser que o ecossistema restaurado forneça *habitats* para espécies raras ou para abrigar um acervo genético diverso de espécies selecionadas. Outras metas da restauração poderiam incluir o fornecimento de amenidades estéticas ou a promoção de atividades sociais importantes, tais como o fortalecimento comunitário, por meio da participação das pessoas num projeto de restauração.

#### Seção 4:

### Explicação da terminologia

Vários termos técnicos são introduzidos ao longo deste documento. Alguns desses termos podem ser desconhecidos para leitores que não sejam ecólogos, enquanto outros têm significados múltiplos, conforme o uso dado. Para reduzir a possibilidade de mal entendidos, os termos-chaves são explicados de acordo com o modo como são utilizados neste documento.

Um **ecossistema** consiste da **biota** (plantas, animais, microorganismos) que existe dentro de uma determinada área, do **ambiente** que a sustenta, e das suas **interações**. As populações das espécies que formam a biota são identificadas coletivamente como **comunidade biótica**. Essa comunidade é frequentemente segregada, baseada em status **taxonômico** (por exemplo, a comunidade de insetos) ou em **formas de vida** (por exemplo, a comunidade arbórea). As conjunturas ordenadas de organismos também podem ser reconhecidas de acordo com seus papéis funcionais no ecossistema (por exemplo, produtores, herbívoros, carnívoros, decompositores, fixadores de nitrogênio e polinizadores), neste caso constituem os chamados **grupos funcionais**. O **ambiente físico** ou **abiótico** sustenta a biota de um ecossistema, incluindo o solo ou substrato, o meio atmosférico, a hidrologia, o tempo meteorológico, o clima, o relevo, e os aspectos topográficos e os regimes de nutrientes e salinidade. **Habitat** se refere ao lugar de moradia de um organismo ou comunidade, que proporciona as condições necessárias para seus processos vitais.

Pode-se reconhecer um ecossistema dentro de uma unidade espacial de qualquer tamanho, desde um microsítio que contém somente alguns indivíduos, até uma área com algum nível de estrutura e homogeneidade taxonômica, tal como um “ecossistema de área úmida” de pequena escala e baseado em uma comunidade, ou um “ecossistema de floresta pluvial tropical” de grande escala e baseado em um bioma. A restauração ecológica pode ser conduzida numa variedade de escalas, mas, na prática, toda restauração ecossistêmica deve ser abordada com uma perspectiva de paisagem espacialmente explícita, para garantir a adequação dos fluxos, das interações e os intercâmbios com os ecossistemas contíguos. Uma **paisagem** consiste de um mosaico de dois ou mais ecossistemas que intercambiam organismos, energia, água e nutrientes. Em vez de focar apenas um ecossistema, uma boa parte da restauração ecológica tem como objetivo legítimo e muito importante a reintegração de ecossistemas e paisagens fragmentadas.

Uma **paisagem** ou **ecossistema natural** é aquele que se desenvolve mediante processos naturais e que se organiza e se mantém sozinho. Uma **paisagem** ou **ecossistema cultural** é aquele que tem se desenvolvido sob a influência conjunta dos processos naturais e da organização imposta pelo ser humano. Muitas pradarias e savanas são mantidas, em grande parte, pelas atividades humanas, tais como os incêndios superficiais periódicos para viabilizar a caça, colher ou manejar rebanhos. Na Europa, muitas das pradarias ricas em espécies são ecossistemas culturais que surgiram logo após o desmatamento feito durante a Idade de Bronze e que têm se mantido por meio de roçada e pastoreio pecuário sazonal. A reparação de uma pradaria danificada se qualifica como uma restauração ecológica, embora o ecossistema de pradaria que se identifica como a paisagem de referência seja produto de atividades humanas. Em outro exemplo, sabe-se que hoje em dia grande parte do Ocidente da América do Norte se encontra recoberto por uma densa floresta de coníferas. No século XIX, grande parte desses bosques era aberta, de tal forma que se assemelhava a um parque com abundante sub-bosque de herbáceas, devido ao uso frequente do fogo e à utilização das plantas pelas tribos indígenas. Esses bosques pareciam ser naturais e sua condição era sustentável sob o regime tribal de uso das terras. O retorno desse ecossistema a um bosque ralo, com aspecto de parque, ocupado e utilizado na maneira tribal tradicional, se qualifica como restauração ecológica. As **práticas culturais sustentáveis** são usos humanos tradicionais das terras que mantêm biodiversidade e produtividade. Nesse contexto, a biota é valorizada tanto por sua importância na estabilidade ecológica quanto por seu valor no curto prazo como produto. Talvez, todos os ecossistemas naturais estejam influenciados culturalmente, ou pelo menos um pouco, e essa realidade merece ser reconhecida no processo de restauração.

Os termos degradação, dano, destruição e transformação representam desvios do normal ou do estado desejado de um ecossistema intacto. Os significados desses termos coincidem em parte e sua aplicação nem sempre fica clara. **Degradação** se refere às mudanças sutis ou graduais que reduzem a integridade e saúde sob o prisma ecológico. **Dano** se refere às mudanças agudas e óbvias num ecossistema. Um ecossistema fica **destruído** quando a degradação ou dano remove toda a vida macroscópica e comumente arruína também o meio físico. **Transformação** é a conversão de um ecossistema a outro tipo de ecossistema ou uso da terra.

Um **ecossistema de referência** pode servir de modelo para o planejamento de um projeto de restauração ecológica e, posteriormente, servir na avaliação desse projeto. Em casos em que o objeto da restauração consiste de dois ou mais tipos de ecossistemas, pode-se dizer **paisagem de referência**, ou se somente uma porção de uma paisagem local seja destinada à restauração, se diz **unidade da paisagem de referência**. O ecossistema, a paisagem ou a unidade selecionada também se pode chamar simplesmente “**a referência**”. Tipicamente, a referência representa um ponto avançado de desenvolvimento, que se encontra em algum lugar ao longo da trajetória desejada da restauração. Em outras palavras, é esperado que, com o tempo, o ecossistema restaurado emulará os atributos da referência e as metas e estratégias do projeto se desenvolveram sob essa expectativa. A referência pode consistir de um ou vários locais especificados, desde que contenham ecossistemas modelo, uma descrição escrita, ou uma combinação de ambos. A informação que se recopila sobre a referência inclui componentes bióticos e abióticos. Na Seção 5, se discute mais detalhadamente o conceito de ecossistema de referência.

Uma **trajetória ecológica** é aquela que descreve o caminho de desenvolvimento que um ecossistema percorre no tempo. Na restauração, a trajetória começa com o ecossistema não restaurado e progride na direção do estado desejado de recuperação, que se expressa nas metas do projeto de restauração e é personificado no ecossistema de referência. A trajetória abrange todos os atributos ecológicos – bióticos e abióticos – de um ecossistema, e em teoria pode ser monitorado pela medição sequencial de conjuntos coerentes de parâmetros ecológicos. Nenhuma trajetória é estreita ou específica. Ao

contrário, uma trajetória abrange uma gama ampla, porém limitada de possíveis expressões ecológicas no transcorrer do tempo, tal como se poderia descrever matematicamente mediante a Teoria do Caos, ou prognosticar por meio de vários modelos ecológicos. Uma descrição inteiramente empírica de uma trajetória fica impedida por dois motivos. Primeiro, porque o número de características ecossistêmicas que podem ser mensuradas é muito maior que a quantidade que pode ser monitorada de forma sensata, ficando incompleta a descrição da trajetória no transcurso do tempo. Em segundo lugar, os dados de monitoramento se prestam para conhecer trajetórias para parâmetros individuais, mas a sua combinação numa única trajetória, para representar o ecossistema inteiro, requer análise multivariada muito complexa e que ainda não foi desenvolvida. Isto representa um sério desafio para as futuras pesquisas.

A **biodiversidade** se refere à biota em termos da diversidade taxonômica e genética, à variedade de formas de vida que se acham presentes e à estrutura da comunidade que assim se cria, ademais dos papéis ecológicos que se desempenham. A **biota** está organizada hierarquicamente desde o nível do genoma até os indivíduos, espécies, populações e comunidades. Os dois aspectos relacionados à biodiversidade são: a **composição de espécies**, isto é, o arranjo taxonômico ordenado das espécies presentes, e a **riqueza das espécies**, ou seja, o número de diferentes espécies presentes. Não é exagero valorizar a importância de uma ampla recuperação da composição de espécies. Se o ecossistema vai se manter apenas por si, todos os grupos funcionais de espécies necessitam estar representados. A **redundância de espécies**, isto é, a presença de múltiplas espécies que desempenham um papel similar na dinâmica do ecossistema, fornece a garantia de que a saúde do ecossistema será mantida como resposta ao estresse, aos distúrbios ou às outras mudanças ambientais.

Para que um ecossistema esteja bem adaptado às condições locais de sítio e demonstre resiliência como resposta a um ambiente estressante ou que vem experimentando mudanças, as populações que o compõem necessitam possuir uma **boa saúde genética**. Um ecossistema com boa saúde genética é aquele que não só está adaptado ao regime ambiental existente, mas que também possui algum grau de “redundância genética”, significando que o acervo genético contém uma diversidade de alelos que podem ser selecionados como resposta as mudanças ambientais. Em circunstâncias normais, a reintrodução de **ecótipos locais** é suficiente para manter a boa saúde genética. Entretanto, em sítios que têm sofrido danos substanciais e por consequência o seu ambiente físico, a introdução de **linhagens genéticas diversas** poderia ser a estratégia preferida, permitindo assim a recombinação e o desenvolvimento eventual de ecótipos novos e mais adaptáveis.

A **estrutura da comunidade vegetal** significa a fisionomia ou arquitetura da vegetação com respeito à sua densidade, estratificação horizontal e frequência de distribuição das populações das espécies, assim como o tamanho e as formas de vida dos organismos que compõem essas comunidades.

Os **processos ecológicos** ou **funções dos ecossistemas** são os atributos dinâmicos dos ecossistemas, incluindo as interações entre os organismos e as interações entre os organismos e seus ambientes.

Os processos ecológicos constituem-se na base da automanutenção do ecossistema. Alguns ecólogos da restauração limitam o uso do termo “funções dos ecossistemas” àqueles atributos dinâmicos que mais diretamente afetam o metabolismo, principalmente a captura e a transformação de energia, nutrientes e umidade. Os exemplos são: a fixação do carbono pela fotossíntese, as interações tróficas, a decomposição e a ciclagem dos nutrientes minerais. Quando as funções dos ecossistemas são definidas rigorosamente desta maneira, os outros atributos são diferenciados como “processos do ecossistema”, tais como a estabilização do substrato, o controle microclimático, a diferenciação de habitat para espécies especializadas, a polinização e a dispersão de sementes. O funcionamento numa escala

espacial maior se concebe, de modo geral, usando-se termos mais amplos, como a retenção de nutrientes e umidade ao longo prazo e a sustentabilidade integral do ecossistema.

As funções e os processos do ecossistema, em conjunto com a reprodução e o crescimento dos organismos, são responsáveis pela sua capacidade auto-renovadora ou **autogênica**. Uma meta comum para a restauração de qualquer ecossistema é o restabelecimento dos processos autogênicos até o ponto que não necessite mais da ajuda dos restauradores. Os praticantes da restauração normalmente pressupõem que os processos autogênicos começarão uma vez que estejam restabelecidas a composição e a estrutura apropriadas das espécies. Nem sempre essa pressuposição é válida, mas é um ponto de partida razoável para a restauração do ecossistema.

Alguns dos processos dinâmicos têm origem externa, tais como incêndios, enchentes, vendavais, choques de salinidade de marés e de tempestades oceânicas, geadas e secas. Esses processos estressam a biota e às vezes são chamados **estressores**. A biota de qualquer ecossistema deve ser resistente ou resiliente ao estresse normal que periodicamente acontece no ambiente local. Esses eventos servem para manter a integridade do ecossistema, por meio da prevenção do estabelecimento de outras espécies que não estejam adaptadas a essas condições de estresse. O afluxo relativo à maré de água salina é essencial para manter o ecossistema de manguezal e impedir sua conversão num ecossistema de água doce. Em ecossistemas culturais, as atividades mediadas pelo ser humano, tais como a queima controlada ou o pastoreio, se qualificam como estressores. Os termos **distúrbio** ou **perturbação** às vezes são usados em lugar de “estressor” ou “evento de estresse”. Entretanto, daqui em diante a palavra “distúrbio” se referirá aos impactos sobre ecossistemas que são mais severos ou agudos que os eventos normais de estresse.

**Resistência** é o termo que descreve a capacidade do ecossistema em manter seus atributos estruturais e funcionais em face de situações de estresse e distúrbio. **Resiliência** é a capacidade do ecossistema de recuperar os atributos estruturais e funcionais que têm sofrido danos oriundos de estresses ou distúrbios. A **estabilidade do ecossistema** é a capacidade de manter uma determinada trajetória, apesar do estresse; denota equilíbrio dinâmico, em vez de algo estático. Em parte, a estabilidade é alcançada graças à capacidade de resistência e resiliência do ecossistema.

Os termos “integridade de um ecossistema” e “saúde de um ecossistema” são comumente usados para descrever o estado desejado de um ecossistema restaurado. Embora alguns autores usem os termos como sinônimos, eles possuem significados distintos. A **integridade do ecossistema** é o estado ou a condição de um ecossistema que demonstra a biodiversidade característica da referência, tais como a composição de espécies e a estrutura da comunidade, e que é plenamente capaz de sustentar o funcionamento normal do ecossistema.

A **saúde do ecossistema** é o estado ou a condição em que os seus atributos dinâmicos se expressam dentro de faixas “normais” de atividade relativa ao seu estágio ecológico de desenvolvimento. Um ecossistema restaurado demonstra sua saúde se funciona normalmente em relação ao ecossistema de referência, ou a um conjunto apropriado de atributos de um ecossistema restaurado como aqueles listados anteriormente na Seção 3. O estado de integridade sugere, mas não necessariamente confirma, um estado concorrente de salubridade ambiental e um ambiente abiótico adequado.

## **Seção 5:**

### **Ecosistemas de referência**

O ecossistema de referência ou a referência serve como modelo para planejar um projeto de restauração, e mais tarde, para sua avaliação. Na sua forma mais simples, a referência é um sítio real, a sua descrição por escrito ou ambos. O problema com uma referência simples é que representa um único estado ou expressão dos atributos de um ecossistema. A referência selecionada poderia ser a manifestação de um dos muitos estados possíveis da variação histórica desse ecossistema. A referência reflete uma combinação particular dos eventos estocásticos que ocorreram durante o desenvolvimento do ecossistema.

Da mesma maneira, um ecossistema que passa pela restauração pode resultar em qualquer um de uma gama potencialmente grande de estados. Qualquer estado que ocorra é aceitável como restauração, desde que seja comparável a algum dos estados possíveis a que a referência pudesse chegar. Assim, uma referência simples é uma expressão inadequada da constelação de estados potenciais e da gama de variação histórica expressada pelo ecossistema restaurado. Portanto, a melhor referência é feita a partir de múltiplos sítios de referência e, caso necessário, outras fontes. Essa descrição composta fornece uma base mais realista para o planejamento da restauração.

As seguintes fontes de informação podem ser utilizadas para descrever a referência:

- descrições ecológicas, listas de espécies e mapas do sítio do projeto antes de ser danificado;
- fotografias históricas e recentes, tanto aéreas como terrestres;
- remanescentes do sítio a ser restaurado, indicando as condições físicas anteriores e a biota;
- descrições ecológicas e listas de espécies para ecossistemas semelhantes e intactos;
- espécimes de herbários e museus;
- relatos históricos e testemunhos orais de pessoas familiarizadas com o sítio do projeto antes de ser alterado;
- evidências paleoecológicas, por exemplo pólen fossilizado, carvão vegetal, história dos anéis de crescimento das árvores e estrume de roedores.

O valor da referência aumenta com a quantidade de informação que contenha, mas cada inventário terá limitações de tempo e financiamento. Como mínimo, um inventário de linha de base de ecologia descreve os atributos mais notáveis de um ambiente abiótico e os aspectos importantes da biodiversidade, tais como a composição de espécies e a estrutura de comunidade. Além disso, identifica os eventos normais de estresse periódico que mantêm a integridade do ecossistema. As descrições da referência para ecossistemas culturais devem identificar as práticas culturais que sejam críticas na restauração e no manejo posterior desse ecossistema.

A descrição de uma referência é complexa devido a dois fatores, que precisam ser harmonizados para garantir a sua qualidade e utilidade. No primeiro, normalmente um sítio de referência é selecionado, em razão da sua bem desenvolvida expressão de biodiversidade, enquanto um sítio em processo de

restauração tipicamente exhibe um estágio ecológico anterior. Em tal caso, a referência deve ser uma interpolação entre os dois estados, e que sinalize uma fase de desenvolvimento anterior, para fins de planejamento e avaliação do projeto. A interpretação é facilitada, na medida em que o estágio de desenvolvimento no sítio do projeto de restauração é suficientemente avançado para comparação direta com a referência. Em segundo lugar, caso a meta da restauração seja a obtenção de um ecossistema natural, é certo que quase todas as referências disponíveis sofreram impactos antrópicos adversos, que não devem ser emulados. Portanto, a referência poderia requerer interpretação para remover essas fontes de mudanças artificiais. Por esses motivos, o preparo da descrição da referência requer experiência e profundo conhecimento de ecologia.

É fundamental que se registrem, por escrito, as metas do projeto de restauração, para determinar o nível de detalhe necessário na descrição da referência. Para restaurações em nível de paisagem e em grande escala, para as quais só se podem prescrever metas gerais, a descrição da referência também poderá ser geral. Em tais casos, as fotografias aéreas podem representar a fonte de informação mais importante para a preparação da referência. A restauração feita com grande rigor, poderá requerer informação muito mais detalhada da referência, tal como dados coletados em pequenas parcelas.

## **Seção 6:**

### **Espécies exóticas**

Uma espécie exótica de planta ou animal é aquela que foi introduzida, por meio de atividades humanas relativamente recentes, numa área onde não ocorria previamente. Já que a restauração ecológica de ecossistemas naturais busca recuperar, dentro de limites razoáveis, a maior autenticidade histórica possível, é desejável a redução ou eliminação de espécies exóticas nos sítios dos projetos de restauração. Não obstante, muitas vezes existem restrições financeiras e logísticas, e é importante ser realista e pragmático no controle de espécies exóticas. Nas paisagens culturais, as espécies exóticas frequentemente são partes integrantes do ecossistema, especialmente como cultivos agrícolas e pecuária, e ainda como ervas ruderais ou arvenses, que presumidamente coevoluíram com essas espécies domesticadas. Tais espécies exóticas são aceitáveis na restauração cultural.

Em ecossistemas naturais, as espécies exóticas invasoras comumente competem com as espécies indígenas e as substituem. Entretanto, nem todas as espécies exóticas são danosas. De fato, algumas até preenchem os papéis ecológicos anteriormente desempenhados pelas espécies indígenas, que já são raras ou que se extinguíram. Em tais casos, é difícil justificar sua remoção. Algumas espécies exóticas foram introduzidas há séculos por meio de agentes humanos ou não-humanos e se tornaram praticamente indígenas, de modo que seu status como exótica é questionável. Outras espécies têm entrado e saído da região como resposta às flutuações climáticas durante o período do Holoceno, sendo difícil considerá-las como exóticas. Mesmo que todas as espécies exóticas fossem removidas de um sítio de restauração, a oportunidade de novas invasões poderá ser alta. Passa a ser imprescindível, portanto, que seja desenvolvida uma política para cada espécie presente, fundamentada em realidades biológicas, econômicas e logísticas. A prioridade mais alta deve ser reservada para o controle ou extinção daquelas espécies que representam os maiores perigos. Estas incluem espécies vegetais invasoras e que são especialmente móveis, representando perigo ecológico em nível de paisagem e regional, além dos animais que consomem ou deslocam as espécies indígenas. É necessário ter cuidado para causar a mínima perturbação possível às espécies indígenas e aos solos, por ocasião da remoção das espécies exóticas.

Em alguns casos, as plantas não-indígenas são usadas para algum propósito específico no projeto de restauração, como cultivos de cobertura, plantas-mãe ou fixadoras de nitrogênio. Se não forem espécies de longevidade relativamente curta e pouca persistência, que são naturalmente substituídas no transcorrer da sucessão, a sua eventual remoção deve constar dos planos de restauração.

## Seção 7:

### Monitoramento e avaliação

Um projeto de restauração corretamente planejado trata de satisfazer metas<sup>1</sup> definidas e que reflitam atributos importantes do ecossistema de referência. As metas são atingidas mediante a busca de objetivos específicos. As metas são ideais, ao passo que os objetivos são medidas concretas que se tomam para se atingir as primeiras. Devem ser feitas duas perguntas fundamentais com respeito à avaliação de um ecossistema restaurado. Os objetivos foram alcançados? As metas foram cumpridas? As respostas às duas perguntas são consideradas válidas, desde que as metas e objetivos tenham sido declarados antes da execução do trabalho relativo ao projeto de restauração.

Os ecossistemas são complexos e dois destes, desde que intactos, jamais serão idênticos; as suas diferenças são reveladas quando examinados detidamente. Por essa razão, nenhum ecossistema restaurado será idêntico a uma referência particular, sob hipótese alguma. O número de variáveis de um ecossistema que se pode usar em uma avaliação é muito grande para que possa medi-las num prazo razoável. A seleção de quais variáveis serão avaliadas, e as que não serão incluídas, exige pragmatismo e juízo do avaliador.

Os objetivos são avaliados de acordo com os **padrões de desempenho**, também conhecidos como critérios do projeto ou critérios de êxito. Em grande parte, esses padrões ou critérios se originam na compreensão do ecossistema de referência. Os padrões de desempenho proporcionam uma base empírica para determinar se os objetivos do projeto foram ou não alcançados. Os objetivos, os padrões de desempenho, os protocolos para o monitoramento e avaliação dos dados devem ser incorporados aos planos de restauração antes do início do projeto. Se a interpretação dos dados recopilados durante o monitoramento mostra que os padrões de desempenho foram alcançados, não há dúvida de que os objetivos do projeto também o foram, ademais do fato de que é provável que o ecossistema restaurado terá suficiente capacidade de recuperação, exigindo pouca ou nenhuma ajuda adicional do profissional de restauração.

Supõe-se que as metas do projeto foram atingidas, ou que logo serão, quando os objetivos foram logrados. No entanto, isto não pode ser garantido, quando se considera que os objetivos e os padrões de desempenho se mostram inadequados e que estão presentes vicissitudes ambientais não previstas, mudando assim a trajetória da restauração. Por essa razão, e já que as metas são ideais que não se podem medir diretamente, é inevitável que exista um elemento de juízo profissional e subjetividade na avaliação das mesmas.

Existem três estratégias para conduzir uma avaliação: *comparação direta*, *análise de atributos* e *análise da trajetória*. Na **comparação direta**, se determinam ou se medem parâmetros selecionados da

---

<sup>1</sup> Nota dos tradutores: A relação entre meta e objetivo depende do contexto institucional em que os termos são usados. Para algumas instituições atuantes em países de língua portuguesa, os termos têm os mesmos significados que aqueles descritos pela SER: a *meta* reflete uma visão mais generalizada e idealizada que o *objetivo*, pois este último é mais específico e muitas vezes quantificado. Já em outras instituições, essa relação entre os termos se dá ao contrário.

referência e dos sítios de restauração. Se a descrição da referência é minuciosa, poderão ser comparados de 20 a 30 parâmetros que incluam aspectos bióticos e abióticos. Isto pode levar a certa ambigüidade de interpretação, quando os resultados são similares para algumas comparações, e não para outras. Desse modo, surge a seguinte pergunta: Quantos parâmetros devem apresentar valores similares e quão próximos devem ser entre si para que sejam satisfeitas as metas de restauração? Talvez, a abordagem mais satisfatória seria a seleção cuidadosa de um grupo coerente de características, numa descrição coletiva e ampla do ecossistema, porém concisa.

Na **análise de atributos**, são avaliados os itens que constam da lista fornecida na Seção 3. Nesta estratégia, os dados quantitativos, e parcialmente quantitativos, do monitoramento programado, e de outros inventários, são úteis para julgar até que grau as metas foram alcançadas.

A **análise da trajetória** é uma estratégia promissora, mas ainda em fase de desenvolvimento, e que visa interpretar grandes conjuntos de dados comparativos. Nessa estratégia, se tomam em consideração os dados recopilados periodicamente dos sítios de recuperação, para se estabelecer as tendências. Assume-se que as tendências que conduzem às condições de referência confirmam que a restauração está seguindo a trajetória desejada.

Ademais dos aspectos biológicos, é necessário avaliar as metas e os objetivos relacionados com as inquietudes sociais, culturais e econômicas. Para tanto, se lança mão das técnicas de avaliação com origem nas ciências sociais. A avaliação das metas sócio-econômicas é importante para os participantes, e para todos aqueles que estabelecem as políticas decisórias para a autorização e financiamento de projetos de restauração.

## **Seção 8:**

### **Planejamento da restauração**

Os planos para projetos de restauração incluem, no mínimo, os seguintes itens:

- um raciocínio claro quanto a necessidade de restauração;
- uma descrição ecológica do local designado para restauração;
- uma declaração das metas e objetivos do projeto de restauração;
- uma designação e descrição da referência;
- uma explanação de como a restauração proposta se integrará com a paisagem e seus fluxos de organismos e materiais;
- planos explícitos, cronogramas e orçamentos para o preparo do local, atividades de instalação e pós-instalação, incluindo uma estratégia para fazer correções rápidas no meio do trabalho;
- padrões de desempenho bem desenvolvidos e explicitamente declarados, com protocolos por meio dos quais o projeto possa ser avaliado;
- estratégias em longo prazo para proteção e manutenção do ecossistema restaurado.

Quando possível, deve-se incluir no sítio do projeto pelo menos uma parcela de controle, ou seja, sem tratamento, para fins de comparação com o ecossistema restaurado.

### Seção 9:

## Relação entre a prática da restauração e a ecologia da restauração

A **restauração ecológica** é a prática de restaurar os ecossistemas, como a feita em sítios específicos de projetos, enquanto a ecologia da restauração é a ciência sobre a qual se baseia a prática. Idealmente, a **ecologia da restauração** fornece conceitos claros, modelos, metodologias e ferramentas que apóiam a prática dos profissionais. Às vezes, o praticante e o ecólogo da restauração são a mesma pessoa, numa fusão de teoria e prática. O campo profissional de ecologia da restauração não se limita ao serviço direto da prática de restauração. Os ecólogos da restauração podem promover avanços na teoria ecológica, por meio do uso dos sítios dos projetos da restauração como áreas de experimentos. Por exemplo, a informação obtida a partir dos sítios dos projetos pode ser útil na resolução de dúvidas relativas às leis do ordenamento de conjuntura para comunidades bióticas. Além disso, os ecossistemas restaurados podem servir como referências para áreas reservadas e designadas para conservação da natureza.

### Seção 10:

## Relação da restauração com outras atividades

A restauração ecológica é uma de várias atividades que objetivam alterar a biota e as condições físicas de um sítio, e que frequentemente se confunde com a restauração. Essas atividades incluem a *reclamation*<sup>2</sup>, reabilitação, mitigação, engenharia ecológica e vários tipos de manejo de recursos, incluindo o faunístico, o pesqueiro, o pastoril, o agroflorestal e o florestal. Todas essas atividades podem coincidir em parte com a restauração ecológica, e até mesmo serem consideradas como tal, se atendidos todos os critérios apresentados na Seção 3 deste documento. Comparada com outros tipos de atividades, a restauração geralmente requer mais cuidado após a sua instalação, para satisfazer todos esses critérios.

A **reabilitação** compartilha com a restauração um enfoque fundamental sobre os ecossistemas históricos ou preexistentes, como modelos ou referências, mas as duas atividades diferem nas suas metas e estratégias. A reabilitação enfatiza o reparo de processos ecológicos, a produtividade e os serviços de um ecossistema, enquanto que as metas da restauração também incluem o estabelecimento da integridade biológica preexistente, em termos de composição de espécies e estrutura da comunidade. Não obstante, a restauração, no aspecto amplo aqui concebido, provavelmente envolve uma grande parte do trabalho identificado anteriormente como reabilitação.

O termo ***reclamation***, como comumente usado no contexto das terras mineradas na América do Norte e Reino Unido, tem uma aplicação mais ampla que reabilitação. Os objetivos principais da *reclamation* incluem a estabilização do terreno, a garantia de segurança ao público, a melhoria estética, e, em geral, ao retorno das terras ao que se poderia considerar útil no contexto regional. A revegetação, que normalmente é um componente da *reclamation*, pode significar o estabelecimento de somente uma ou

---

<sup>2</sup> Nota dos tradutores: Não existe no idioma Português um termo com significado equivalente ao anglicismo *reclamation*, que é usado principalmente no setor minerário.

poucas espécies. Os projetos de *reclamation* mais embasados ecologicamente podem ser considerados de reabilitação, ou mesmo de restauração.

A **mitigação** é uma ação que objetiva compensar danos ambientais. Nos Estados Unidos da América, a mitigação é uma condição necessária para a outorga de licenças a projetos privados de desenvolvimento e para obras públicas que interfiram em áreas úmidas. São poucos os projetos de mitigação que satisfazem os atributos dos ecossistemas restaurados, conforme lista apresentada na Seção 3, o que indica que podem ser qualificados como projetos de restauração.

O termo **criação** tem sido usado recentemente, para referir-se a projetos de mitigação que sejam executados em terrenos desprovidos de vegetação. Também tem sido empregado o termo **fabricação**. Com frequência, para introduzir um novo ecossistema ao que historicamente existia, são geradas grandes mudanças no ambiente. A criação, que se realiza como engenharia de precisão ou arquitetura de paisagem, não pode ser considerada uma restauração, pois esta inicia o desenvolvimento de um ecossistema segundo uma trajetória selecionada, permitindo que os processos autogênicos assumam o controle a partir daí, com pouca ou nenhuma interferência humana.

A **engenharia ecológica** envolve a manipulação de materiais naturais, organismos vivos e o ambiente físico-químico para alcançar metas humanas específicas e resolver problemas técnicos. Para tanto, difere da engenharia civil, que depende de materiais fabricados pelo ser humano, tais como o aço e o concreto. A previsibilidade é uma consideração primária em todo desenho de engenharia, enquanto a restauração reconhece e aceita desenvolvimentos imprevisíveis e lida com metas que vão além do pragmatismo estrito, envolvendo a biodiversidade e a integridade e saúde do ecossistema. No caso da previsibilidade ser uma questão menor, o escopo de muitos projetos de engenharia ecológica poderia ser expandido, até o ponto de se qualificarem como restauração.

## **Seção 11:**

### **A integração da restauração ecológica em um programa mais amplo**

Às vezes, a restauração ecológica é apenas um de muitos elementos, dentro de um empreendimento maior do setor privado ou público, tais como os projetos e programas para manejo de bacias hidrográficas, manejo do ecossistema e conservação da natureza. Os gerentes de projetos responsáveis por esses empreendimentos maiores devem estar cientes das complexidades e dos custos envolvidos no planejamento e implementação da restauração ecológica. A contenção de despesas pode ser realizada por meio da coordenação cuidadosa das atividades de restauração, quando considerada com outros aspectos de um programa maior. Em razão disso, os gerentes de projetos se beneficiariam, se reconhecessem a restauração ecológica como um componente que faz parte de um programa. Se isso fosse feito, o restaurador poderia contribuir substantivamente a todos os aspectos do programa que se relacionam com a restauração. Ademais, o restaurador estará em posição de garantir que toda a restauração ecológica será bem conceituada e plenamente realizada. Desta maneira, se trabalha adequadamente o bem público.

## *Society for Ecological Restoration (SER) International*

Nossa missão é fomentar a restauração ecológica como um meio para sustentar a diversidade da vida na Terra e restabelecer uma relação ecologicamente saudável entre a natureza e a cultura.

A *SER International* é uma organização sem fins lucrativos, infundida com a energia de seus membros – indivíduos e organizações – que estão ativamente envolvidos com a reparação ecologicamente sensível e o manejo de ecossistemas.

Nossos membros vivem e trabalham em todo o planeta e contribuem com uma amplitude sem precedentes de experiência, conhecimentos e perspectivas culturais. Somos cientistas, planejadores, administradores, consultores ecólogos, povos indígenas, arquitetos paisagistas, filósofos, professores, engenheiros, gestores de áreas naturais, escritores, agricultores, ativistas comunitários e voluntários.

A *SER International* serve ao campo crescente da restauração ecológica, facilitando diálogos entre restauradores, promovendo pesquisas, fomentando a consciência e o apoio público para a restauração e o manejo restaurativo, contribuindo para as discussões sobre políticas públicas, reconhecendo aqueles que têm dado contribuições significativas ao ramo da restauração e promovendo a restauração global em todas as partes do mundo.

Fundada em 1987, a *SER International* possui atualmente membros em 37 países, com 14 representações pelo mundo. É reconhecida por organizações públicas e privadas como fonte de experiência em ciência, prática e política de restauração. Ela alcança seus objetivos por meio de cooperação com organizações sociais, mediante o trabalho de seus membros em todo o mundo.

Somos uma crescente comunidade de profissionais dedicados a restaurar ecossistemas danificados. Todos estão convidados a se afiliar. A afiliação pode ser feita através da *Internet*, na página [www.ser.org](http://www.ser.org); ou ainda telefonar, escrever, enviar e-mail ou fax para pedir o formulário de ingresso.

*Society for Ecological Restoration (SER) International*

285 West 18<sup>th</sup> Street, Suite 1

Tucson, Arizona 85701 EUA

Telefone: 520-622-5485

Fax: 520-622-5491

E-mail: [info@ser.org](mailto:info@ser.org)

[www.ser.org](http://www.ser.org)