

SÉRIE GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

INDICAÇÃO TÉCNICA Nº 1

**Seleção de indicadores
de estado e avaliação
de sensibilidade dos
sistemas naturais às
ações antrópicas**

GUSTAVO ARAUJO

LAIS ALENCAR DE AGUIAR

JOSIMAR RIBEIRO DE ALMEIDA

PAULO SÉRGIO MOREIRA SOARES

ROBERTO DE BARROS EMERY TRINDADE

SÉRIE GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

**Seleção de indicadores de estado e
avaliação de sensibilidade dos sistemas
naturais às ações antrópicas**

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Luiz Inácio Lula da Silva

José Alencar Gomes da Silva

Vice-Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Sérgio Rezende

Ministro da Ciência e Tecnologia

Luís Manuel Rebelo Fernandes

Secretário Executivo

Avílio Franco

Secretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Adão Benvindo da Luz

Diretor do CETEM

Ronaldo Luiz Correa dos Santos

Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais

Fernando Antonio Freitas Lins

Coordenador de Planejamento, Acompanhamento e Avaliação

João Alves Sampaio

Coordenador de Processos Minerais

Antonio Rodrigues Campos

Coordenador de Apoio Tecnológico à Micro e Pequena Empresa

Arnaldo Alcover Neto

Coordenador de Análises Minerais

Cosme Antonio de Moraes Regly

Coordenador de Administração

SÉRIE GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

ISSN - 1808-0863

SGPA – 02

COLEÇÃO INDICAÇÃO TÉCNICA Nº 1

Seleção de indicadores de estado e avaliação de sensibilidade dos sistemas naturais às ações antrópicas

Equipe responsável pela elaboração desta indicação técnica:

GUSTAVO ARAUJO

(Engenheiro Agrônomo)

LAIS ALENCAR DE AGUIAR

(Engenheira Química, M.Sc.)

JOSIMAR RIBEIRO DE ALMEIDA

(Biólogo, D.Sc.)

PAULO SERGIO MOREIRA SOARES

(Engenheiro Metalúrgico, M.Sc., Tecnologista Sênior do CETEM)

ROBERTO DE BARROS EMERY TRINDADE

(Engenheiro Metalúrgico, M.Sc., PhD, Pesquisador Titular do CETEM)

ISBN 85-7227-219-4

CETEM / MCT

2005

SÉRIE GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

PAULO SERGIO MOREIRA SOARES

Editor

ROBERTO DE BARROS EMERY TRINDADE

Subeditor

CONSELHO EDITORIAL

Ronaldo Luiz Correa dos Santos (CETEM), Maria Dionísia C. dos Santos (CETEM), Olavo Barbosa Filho (PUC-RJ), Afonso Rodrigues Aquino (USP).

A Série Gestão e Planejamento Ambiental tem como objetivo principal difundir trabalhos realizados no CETEM, ou em parceria com colaboradores externos, assim como trabalhos independentes considerados relevantes na área de gestão e planejamento ambiental e temas correlatos.

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

JACKSON DE FIGUEIREDO NETO

Coordenação editorial

THATYANA PIMENTEL RODRIGO DE FREITAS

Revisão

ANA SOFIA MARIZ

Capa e editoração eletrônica

SUMÁRIO

RESUMO | ABSTRACT ▶ 6

1. APLICAÇÃO E OBJETIVO ▶ 7

2. INTRODUÇÃO ▶ 9

3. INDICADORES DE ESTADO PARA AVALIAÇÃO DE SENSIBILIDADE DOS COMPONENTES AMBIENTAIS DE UM SISTEMA NATURAL ▶ 10

3.1 Solo ▶ 10

3.2 Clima e Atmosfera ▶ 11

3.3 Águas Interiores ▶ 15

3.4 Vegetação ▶ 20

3.5 Fauna ▶ 22

4. REFERÊNCIAS ▶ 26

RESUMO

São apresentadas orientações básicas com sugestões de indicadores capazes de avaliar a sensibilidade de sistemas naturais às ações antrópicas. A avaliação é feita por meio dos seguintes componentes naturais: solo, clima, atmosfera, águas interiores, vegetação e fauna. Pretende-se que a presente Indicação Técnica seja aplicável na etapa de planejamento e/ou implantação de projetos industriais e urbanísticos de qualquer porte. São apresentadas considerações gerais sobre cada um dos componentes, com recomendações específicas para cada indicador de estado. É fornecido um arcabouço geral, a partir do qual pode-se selecionar os indicadores que sejam mais adequados a cada organização.

Palavras-chave: indicadores da sensibilidade do solo, do clima e da atmosfera, de águas interiores, de vegetação e fauna.

ABSTRACT

Basic orientations are presented for selecting indicators capable of evaluating the sensibility of natural systems to anthropic actions. The evaluation is carried out by means of the following natural components: soil, climate, atmosphere, interior waters, vegetation and fauna. The present Technical Indication intends to be applicable in the planning and/or implementation phase of industrial or urban projects of any magnitude. General considerations are presented about each one of the natural components, with specific recommendations for each indicator of state. A general framework is supplied, from which the adequate indicators may be selected according to the needs of each organization.

Keywords: environmental indicators, soil, atmosphere, interior waters, vegetation e fauna.

1. APLICAÇÃO E OBJETIVO

A presente indicação técnica oferece orientação para escolha de indicadores de estado necessários à avaliação da sensibilidade dos sistemas naturais às ações antrópicas, tais como projetos industriais e urbanísticos. A intenção é de que possa ser útil a uma vasta gama de usuários, incluindo auditores e organizações que pretendam implantar ou já tenham implantado um sistema de gestão ambiental. Pretende-se fornecer um arcabouço geral a partir do qual o usuário possa escolher os indicadores que melhor se adaptem às particularidades de sua organização. A seleção e o número de indicadores a serem utilizados dependem da complexidade de cada organização, bem como dos objetivos almejados. O texto tem ainda o objetivo de fornecer orientação adicional no que tange à definição e análise do que se chamou de "componentes" dos sistemas naturais.

2. INTRODUÇÃO

O sistema natural é tanto mais estável quanto maior for a perturbação necessária para romper seu estado de equilíbrio. Quanto à sua natureza de ocorrência temporal e espacial, a perturbação pode ser aleatória ou sistemática. Sistemas naturais são normalmente adaptados a perturbações aleatórias repentinas, de grande magnitude, abrangendo uma grande ou pequena área. As perturbações introduzidas pelo homem têm, quase sempre, um carácter sistemático, ou seja, ocorrem, gradativamente no tempo, abrangendo áreas cada vez maiores.

Há várias maneiras de avaliar a estabilidade de sistemas naturais a perturbações antrópicas. Uma delas é pelo método dos análogos que consiste na análise do registro histórico paleoclimático de um sistema natural, de forma a identificar uma situação análoga e sujeita a perturbações semelhantes. Em seguida, estuda-se como o sistema respondeu a tal perturbação. O problema com essa metodologia é que nem sempre é factível encontrar uma situação análoga, principalmente quando se considera que a magnitude das perturbações antrópicas do último século não apresenta paralelo na história da humanidade.

Uma maneira alternativa de se avaliar a estabilidade dos sistemas naturais é por meio dos indicadores de estado de alguns de seus componentes: **solo, clima, atmosfera, águas interiores, vegetação e fauna.**

3. INDICADORES DE ESTADO PARA AVALIAÇÃO DE SENSIBILIDADE DOS COMPONENTES AMBIENTAIS DE UM SISTEMA NATURAL

3.1. Solo

Como todo recurso natural, o solo se esgota, sobretudo quando explorado exaustivamente e sem adoção de medidas conservacionistas. O uso adequado pode não só preservar as condições naturais do solo como também levá-lo ao melhoramento, principalmente no que diz respeito à manutenção ou enriquecimento dos teores de matéria orgânica, equilíbrio químico, drenagem e estabilidade diante dos fatores de intemperismo.

Os solos são sempre sensíveis ao uso antrópico. Além das suas funções edáficas, outras, como o armazenamento de água e a capacidade de dissolução de compostos orgânicos, podem ser afetadas pelo uso inadequado causando perdas ao ambiente, posto que o solo, juntamente com a atmosfera e a água, constitui a base fundamental de sustentação da vida no planeta.

Por definição, o solo possui atributos e propriedades de caráter intrínseco e extrínseco, alguns deles passíveis de sofrer modificações pelo uso antrópico. Esses atributos e propriedades podem ser qualificados, quantificados e correlacionados segundo as diferentes classes de solos. Desta forma, atributos e propriedades podem ser utilizados como indicadores para fins de avaliação da sensibilidade a danos causados pela ação antrópica. Os indicadores de estado do solo devem ser definidos em função do uso antrópico analisado e da disponibilidade de dados para quantificá-los.

São recomendados os seguintes indicadores de estado do solo:

- ▶ **Espessura ou profundidade** - fator indutor ou restritivo ao desenvolvimento radicular de plantas;
- ▶ **Textura** - fator indutor ou restritivo ao uso do solo no desenvolvimento agrícola;

- ▶ **Estrutura** - fator indutor ou restritivo à percolação e armazenamento da água no subsolo;
- ▶ **Capacidade de retenção hídrica e capacidade de infiltração** - fatores indutores ou restritivos ao desenvolvimento de culturas cíclicas ou perenes;
- ▶ **Drenagem** - fator indutor ou restritivo do uso que está associado ao indicador estrutura.

3.2. Clima e Atmosfera

Conceitualmente, pode-se classificar a sensibilidade do clima aos danos causados pelas atividades humanas em dois tipos relativamente independentes: sensibilidade dos componentes físicos do clima e sensibilidade da constituição da atmosfera. Os primeiros referem-se à circulação atmosférica e aos balanços de energia e água, os segundos, à emissão de poluentes que alteram a composição química da atmosfera.

Em geral, os dois tipos de sensibilidade considerados podem ser analisados em separado. Em alguns casos, porém, os componentes físicos do clima e a constituição da atmosfera estão intimamente associados. O exemplo mais notável dessa inter-relação é o aumento do efeito estufa, devido ao crescimento da concentração de gases na atmosfera (CO_2 , CH_4 , N_2O , CFC, etc). Nesse caso, uma modificação global na constituição química atmosférica, ao alterar o balanço de radiação de toda atmosfera, pode modificar o clima. Um outro exemplo mostra o oposto, ou seja, como uma modificação no componente físico do clima pode alterar a constituição da atmosfera. Se o microclima do solo de uma região se modificar, devido, por exemplo, à agricultura e levar a modificações nos balanços de energia e água do solo, poderão ocorrer alterações nas reações químicas envolvendo nitrogênio, resultando em mudanças nas taxas de emissão de N_2O .

O microclima de uma região é intimamente dependente das características topográficas, da superfície de um corpo d'água vegetado ou solo desnudo. Para áreas vegetadas o microclima

ainda dependerá, fundamentalmente, do tipo de vegetação. Por exemplo, o clima próximo ao solo, sob uma pastagem tropical, é radicalmente diferente daquele sob uma floresta tropical densa. Na última, as flutuações diurnas de temperatura, umidade e ventos são mínimas e o microclima é bastante estável. Pode-se dizer que a estabilidade microclimática da floresta tropical Amazônica é extremamente vulnerável a modificações da vegetação. No Pantanal, as grandes extensões cobertas por água determinam, em primeira instância, o seu microclima. Assoreamento de rios, construção de estradas, etc podem alterar a distribuição das superfícies alagáveis e, dessa maneira, modificar o microclima. Pode-se dizer, então, que o microclima do Pantanal é sensível nas regiões que sofreram alterações na periodicidade com que são alagadas. Como o Cerrado possui várias fisionomias vegetais (campos, campo-cerrado, cerrado, cerradão, dentre outras), a sensibilidade do microclima a modificações na vegetação dependerá diretamente do sub-bioma em que ocorrerem.

Um outro aspecto da mudança climática diz respeito à suscetibilidade da qualidade do ar à emissão de quantidades de poluentes por ocasião das queimadas. Não há dúvida de que as queimadas têm impactos negativos em várias escalas. Na macroescala, contribuem significativamente para o aumento do "efeito estufa" ao introduzir na atmosfera gases como o CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3 e outros, como o CO e NO_x .

A persistência das nuvens de fumaça depende da estabilidade da atmosfera. Inversões térmicas em baixos níveis troposféricos, menores que 2 km, provocam acumulações ainda maiores dos produtos de queimadas. Essas nuvens de fumaça, que podem alcançar milhões de quilômetros quadrados, diminuem a visibilidade atmosférica provocando danos ao tráfego aéreo e aos transportes terrestres, além de afetar a saúde das populações.

Alguns produtos das queimadas (partículas, aerossóis e gases reativos) são lavados da atmosfera por ocasião das chuvas. Nesse

sentido, pode-se dizer que o efeito desses gases na atmosfera fica restrito ao período das queimadas. Por outro lado, os gases de efeito estufa normalmente têm ciclo de vida longo e não são removidos pelas chuvas.

Os mecanismos de dispersão de poluentes e sua eventual remoção dependem dos ventos, umidade e chuvas, que variam entre os biomas.

A **Tabela 1** apresenta exemplos de indicadores de estado recomendados para avaliação da sensibilidade dos componentes do clima e da atmosfera em relação aos componentes naturais do microclima, ciclo hidrológico, clima regional, sistema floresta e composição da atmosfera.

Tabela 1: Exemplos de indicadores de estado do clima e da atmosfera.

Componente Natural	Indicadores	Observações
Microclima	Ciclos diurnos de temperatura, umidade, radiação solar, ventos; balanços de água e energia; temperatura e umidade do solo (até um metro de profundidade).	A temperatura da superfície é o melhor indicador, com relação à praticidade de obtenção.
Ciclo Hidrológico e do Clima Regional	Padrões (espaciais e temporais) das chuvas, ventos, temperatura, umidade; alteração na frequência da ocorrência de extremos e na duração da estação seca.	As vazões dos grandes rios são os melhores indicadores, porque integram a precipitação de enormes extensões.
Sistema Floresta	Vegetação nas interfaces entre os biomas ou entre as expressões vegetais do mesmo bioma do indivíduo (fenologia, taxa fotossintética, produtividade, estratégia de reprodução, suscetibilidade a doenças e perda de variedade genética) e na comunidade (mudanças na fisionomia, perda ou substituição de espécies, invasão de espécies exóticas, perdas de extratos e mudança no índice de área foliar).	
Composição da Atmosfera	Quantificação de queimadas (focos, área, biomassa); frequência e altura das inversões térmicas; concentrações de poluentes na atmosfera: Hg vapor, CO ₂ , CO, O ₃ , CH ₄ , H ₂ O, NO, SO ₂ , H ₂ S, hidrocarbonetos, agrotóxicos, material particulado.	A quantificação das queimadas, seja em área total ou em quantidade de biomassa envolvida nos processos de combustão, é o indicador mais óbvio da qualidade do ar em relação à emissão de poluentes pelas queimadas.

3.3. Águas Interiores

Os efeitos das atividades humanas na qualidade da água são normalmente complexos e específicos para cada região (ou microrregião), dependendo de uma série de fatores biogeoquímicos.

A Resolução CONAMA nº 357, de 2005, classifica os corpos hídricos interiores brasileiros em classes, em função de parâmetros e indicadores específicos, que são relacionados aos possíveis usos (classe especial e classes 1 a 4), em função dos usos potenciais da água. A resolução estabelece igualmente padrões para lançamento de efluentes.

Corpos d'água que atendem aos critérios estabelecidos pela citada Resolução asseguram um funcionamento normal do ecossistema aquático e corroboram o senso comum de águas com bom padrão de qualidade. O objetivo básico da gestão da água é, portanto, a manutenção (ou obtenção) deste padrão.

Contaminantes patogênicos associados à poluição orgânica doméstica, por outro lado, têm comportamentos bastante diferenciados. Bactérias e vírus patogênicos podem sobreviver por dias em ambientes aquáticos e, mesmo em baixas concentrações, podem causar diversas doenças de veiculação hídrica, como cólera e hepatite.

A **Tabela 2** contém exemplos de usos e danos antrópicos potenciais nos ecossistemas de águas interiores e possibilidades de controle e/ou reversão desses danos. Na **Tabela 3**, são apresentados exemplos de danos antrópicos potenciais aos ecossistemas de águas interiores e indicadores recomendados para avaliação desses danos.

Tabela 2: Exemplos de usos antrópicos e danos potenciais nos ecossistemas de águas interiores (intervenções humanas em bacias hidrográficas) e possibilidade de reversão desses danos.

Uso Antrópico	Dano potencial	Possibilidades de Controle
Silvicultura	PTOX, PORG, SDSU	Práticas adequadas de manejo agrícola, sobretudo de agrotóxicos.
Pecuária	PTOX, PORG, SDSU	Práticas adequadas de manejo agropastoril. Utilizar áreas com declividade reduzida e evitar ocupação/desmatamento de margens de rios e reservatórios.
Agricultura	PSAL, PTOX, PORG, SDSU	Emprego de práticas de manejo agrícola adequadas. Utilizar áreas com declividade reduzida e evitar ocupação/desmatamento de margens de rios e reservatórios.
Mineração	PTOX, PORG, SDSU	Controle ambiental da mineração e garimpo junto a cursos d' água. Fiscalização de minerações e garimpos quanto aos padrões de emissão de efluentes. Adoção de tecnologias mais limpas.
Obras de Infra-Estrutura	SDSU	Controle de erosão e estudos de impacto ambiental.
Desenvolvimento urbano	PSAL, PTOX, SDSU	Planejamento de desenvolvimento urbano. Tratamento de efluentes urbanos (resíduos líquidos e sólidos).

Uso Antrópico	Dano potencial	Possibilidades de Controle
Indústria	PSAL, PTOX, PORG, SDSU	Fiscalização das indústrias quanto aos padrões de emissão de efluentes. Planejamento das atividades industriais por bacia. Adoção de tecnologias mais limpas.
Queimadas	PORG, SDSU	Fiscalização e controle de queimadas.
Reservatórios	PSAL, PORG, SDSU	Estudos de impacto ambiental e sócio-econômico para obras do setor elétrico. Uso alternativo de reservatórios e barragens, além da geração de energia.
Canais/ Drenagem	PSAL, SDSU	Mitigar ações que provoquem mudanças da morfologia e do regime sedimentológico de rios e lagos.
Portos	PTOX, PORG	Controle de poluição e mitigação de riscos de acidentes.
Dragagem	SDSU	Mitigar ações que provoquem mudanças da morfologia e do regime sedimentológico de rios e lagos.

PSAL: poluição por salinidade; PTOX: poluição tóxica; PORG: poluição orgânica; SDSU: poluição por sólidos dissolvidos ou em suspensão.

Tabela 3: Exemplos de danos potenciais aos ecossistemas de águas interiores e indicadores recomendados para avaliação desses danos.

Dano potencial	Código	Indicadores recomendados	Observações
Poluição por salinidade	PSAL	Salinidade da água.	O uso intensivo da água na bacia hidrográfica, associado a um aumento da descarga sólida nos rios, pode provocar um maior desenvolvimento da cunha salina em regiões estuarinas, tendo como principal consequência prejuízos ao abastecimento industrial e doméstico e à irrigação.
Poluição Tóxica	PTOX	Concentração de metais pesados, organoclorados, organofosforados e defensivos agrícolas na água, no sedimento e em indivíduos da comunidade aquática. Concentração de óleos e graxas, substâncias fenólicas, turbidez, cor.	Normalmente associada à atividade mineral, a efluentes industriais em geral e ao uso de defensivos agrícolas. Pode acarretar biomagnificação de contaminantes nas comunidades aquáticas e prejuízos ao abastecimento industrial, doméstico, à irrigação e à pesca.

Dano potencial	Código	Indicadores recomendados	Observações
Poluição Orgânica	PORG	<p>Disponibilidade de nutrientes.</p> <p>Demanda bioquímica de oxigênio.</p> <p>Oxigênio dissolvido.</p> <p>Proliferação de macrófitas, diversidade e quantidade de algas.</p> <p>Concentração de óleos e graxas, de substâncias fenólicas, turbidez, cor, coliformes fecais e totais (indicadores de contaminação patogênica), sólidos suspensos e dissolvidos.</p>	<p>Tem origem em efluentes domésticos, industriais (cargas pontuais), ou em cargas não pontuais com origem na drenagem do continente (efeito direto da retirada da cobertura vegetal). Provoca prejuízos ao abastecimento industrial e doméstico, modifica a diversidade e quantidade de espécies aquáticas, pode ser foco para a disseminação de doenças de veiculação hídrica.</p>
Poluição por sólidos dissolvidos ou em suspensão	SDSU	<p>Volume de descarga sólida.</p> <p>Sólidos suspensos, dissolvidos, turbidez, cor.</p> <p>Regime hidráulico, morfometria dos rios e reservatórios.</p>	<p>Causada pela erosão dos solos devido à retirada da cobertura vegetal, mineração em rios e barragens ao longo dos cursos d'água. Tem origem também em obras de infra-estrutura, em geral. Prejudica o abastecimento industrial e doméstico, muda o regime hidráulico de rios (cheias ou menor disponibilidade de água). Causa prejuízos à navegação.</p>

Outros indicadores de águas interiores são os seguintes fatores físicos: vazão (rios), tempo de residência (reservatórios), radiação solar, temperatura, pressão, densidade, forças de cisalhamento externas, energias interna e cinética, entropia, regime sedimentológico, etc.

3.4. Vegetação

A vegetação possui limites de tolerância a perturbações de seu estado de equilíbrio e, quanto mais próximo estiver desses limites, mais vulnerável estará.

As características da vegetação terrestre, espontânea ou introduzida pelo homem, podem ser empregadas na avaliação do estado dos sistemas naturais, sua vulnerabilidade e sensibilidade. Servem, portanto, como instrumento de gestão ambiental. Seu emprego para este fim, no entanto, exige que seja definida a escala da análise desejada: macro-regional, regional ou local. Os impactos nas características da vegetação podem ser classificados, segundo a origem, em antrópica ou natural.

3.4.1 IMPACTOS DE ORIGEM ANTRÓPICA

Neste caso, encontram-se, dentre outros, o desmatamento ou corte raso para a implantação de atividades agro-silvo-pastoris, a abertura de estradas, a implantação de grandes obras de infra-estrutura e o reflorestamento com espécies exóticas. Os impactos antrópicos, podem ser classificados em diretos ou indiretos.

Como exemplos de impactos diretos podem ser citados:

- ▶ a perda da biodiversidade e fragmentação da biota proporcionando o isolamento do indivíduo e das comunidades vegetais e/ou a invasão por espécies exóticas e ruderais;
- ▶ a aceleração do processo erosivo e perda da fertilidade como consequência do manejo inadequado do solo;
- ▶ avanço de pragas e doenças e invasão de espécies exóticas como consequência da monocultura que pode tornar a vegetação suscetível a agentes patogênicos e a insetos predadores;
- ▶ contaminação de aquífero pela utilização de corretivos e fertilizantes agrícolas;
- ▶ alteração na distribuição da temperatura do solo e do ar e erosão eólica com formação de nuvens de poeira na fase de preparação do terreno,

em particular nos topos aplainados de regiões de acentuada estacionalidade.

Como exemplos de impactos indiretos podem ser citados:

- ▶ perda da fertilidade do solo por lixiviação de micronutrientes;
- ▶ diminuição da capacidade de armazenamento hídrico do solo;
- ▶ processos erosivos e conseqüente assoreamento dos cursos d'água e perda do solo arável;
- ▶ formação de voçorocas.

3.4.2 IMPACTOS DE ORIGEM NATURAL

Muito embora de menor efeito sobre o ambiente, não podem ser omitidas as mudanças ambientais provocadas por eventos naturais decorrentes de processos erosivos, como as voçorocas, as corridas de lama e os escorregamentos de taludes íngremes. Esses processos têm origem, em geral, na infiltração subsuperficial das águas e sua atuação em rochas de texturas diversas que alternam sedimentos arenosos e argilosos alterados.

A **Tabela 4** apresenta exemplos de indicadores de estado para avaliação da sensibilidade da vegetação considerando as características das espécies ou das comunidades vegetais.

Tabela 4: Exemplos de indicadores de estado para avaliação da sensibilidade da vegetação tomando como base as características das espécies ou da comunidade vegetal.

Espécies vegetais	Comunidades vegetais
Padrão fenológico	Fisionomia
Taxa de Fotossíntese	Mudança Parcial na Fisionomia
Produtividade	Perda de espécies
Estratégia Reprodutiva	Substituição de espécies
Suscetibilidade a Doenças	Perda de Estratos
Variabilidade Genética	Mudança na Cobertura (Índice de Área Foliar)

As espécies de gerações contínuas têm sensibilidade mais baixa que as espécies de gerações discretas.

A distribuição espacial ampla tem baixa sensibilidade comparada à distribuição restrita. As espécies com capacidade de dispersão, recrutamento, adaptabilidade, tolerância a *stress*, potencial colonizador e taxa de sobrevivência alta têm sensibilidade mais baixa que as espécies com atributos opostos, e as espécies com baixa fidelidade ao território têm sensibilidade mais baixa que as espécies com alta fidelidade ao território.

3.5. Fauna

A fauna, bem como sua "qualidade" (produtividade, estrutura, complexidade, estratificação, adaptações, etc.), são consequência da vegetação local presente, em escalas temporal e espacial pequenas. Embora exista interação entre a parte biótica

e abiótica, na manutenção da biota, essa relação pode não ser detectável em uma escala temporal curta.

A história paleoclimática, eventos geológicos, relevo, hidrografia, clima, solo, vegetação, assim como a ação antrópica, têm implicações sobre as espécies e suas populações, modificando a composição da fauna local original que, por sua vez, pode dar uma “velocidade” diferente à dinâmica de sucessão da vegetação. A fauna é de vital importância nos processos ecológicos, inclusive das espécies vegetais econômicas, pois promove a dispersão de sementes de polinização.

Os processos de vida existem em diferentes escalas de tempo, espaço e complexidade. Os organismos são de tamanhos diferentes e isto influencia, em parte, as escalas dos processos em que cada espécie opera.

Quanto à sensibilidade da fauna a danos causados pelo homem, dependendo da escala das alterações ou de quem é afetado, ocorrerão mudanças na composição ou, em particular, nas populações. Podem ocorrer alterações completas na composição, com a extinção local ou aumento do número populacional de determinada(s) espécie(s).

A sensibilidade de uma espécie, ou população, pode ser avaliada pelos seus atributos biológicos intrínsecos e extrínsecos, como, por exemplo, o habitat.

Vários fatores podem influir na sensibilidade de espécies e comunidades:

- ▶ Espécies animais: tamanho da população; distribuição da população; sistemas sociais que afetam a população efetiva (e contribuem para a reprodução); probabilidade de desastres naturais e dieta.
- ▶ Comunidades: número de espécies; estruturas de cadeias alimentares/nível trófico; tempo de existência da comunidade; taxas de entradas, extinção e presença de espécies-chaves.

Fauna com ampla distribuição geográfica tem menor sensibilidade a impactos que a fauna de área de distribuição restrita.

- ▶ Tamanho do território.
- ▶ Dieta: quanto mais ampla, menor a sensibilidade. Para um especialista, a modificação do habitat torna sua sensibilidade alta. Nos onívoros, a capacidade de comer diferentes itens aumenta a capacidade de exploração dos recursos; ao nível trófico, as espécies de base (herbívoros) apresentam baixa sensibilidade, enquanto as espécies de topo (carnívoros) têm sensibilidade maior.
- ▶ Quanto mais alto o potencial reprodutivo, mais baixa a sensibilidade e vice-versa; a fauna com menor peso tem sensibilidade mais baixa que a fauna de maior peso.
- ▶ A fauna de alta mobilidade representa menor sensibilidade da espécie, o contrário ocorrendo para a de baixa mobilidade. As espécies de gerações contínuas têm sensibilidade mais baixa que as espécies de gerações discretas.
- ▶ A distribuição espacial ampla tem baixa sensibilidade comparada à distribuição restrita. As espécies com capacidade de dispersão, recrutamento, adaptabilidade, tolerância a *stress*, potencial colonizador e taxa de sobrevivência alta têm sensibilidade mais baixa que as espécies com atributos opostos, e as espécies com baixa fidelidade ao território têm sensibilidade mais baixa que as espécies com alta fidelidade ao território.

A **Tabela 5** a seguir apresenta exemplos de indicadores de estado para avaliação da sensibilidade da fauna.

Tabela 5. Exemplos de indicadores de estado para avaliação da sensibilidade da fauna tomando como base as características das espécies ou da comunidade.

Espécies da Fauna	Comunidades Faunísticas
Tamanho da População	Nº de Espécies
Distribuição	Estrutura de cadeias alimentares/Nível trófico
Dieta	Tempo de Existência
Potencial Reprodutivo	Taxas de entrada e extinção e presença de espécies chaves
Mobilismo	

Os indicadores apresentados na **Tabela 5** podem ser complementados por outros. Entretanto, tais indicadores são geralmente suficientes para uma avaliação da fauna local.

4. REFERÊNCIAS

- GUERRA, A.J.; CONTA, S.B. (Org), *Avaliação e Perícia Ambiental*. Ed. Bertrand. 284p., Rio de Janeiro, RJ, 3a edição, 2002.
- MATSUI, S., *Gerenciamento de Substâncias Tóxicas em Lagos e Reservatórios*, 199p. ILEC, São Paulo, 2002
- ALMEIDA, J.R., *Ciências Ambientais*, Ed. Thex, 504p. Rio de Janeiro, RJ, 2003.
- AZEVEDO, F.A.; Leasin, A. M. (Coord), *As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia*. Ed. Rima. 322p., São Paulo, SP, 2003.
- RICKLEFS, R.E., *A Economia da Natureza*. Guanabara Koogan, 503p Rio de Janeiro, RJ, 5ª Edição, 2001.
- BALRO, C., *Química Ambiental*, Ed. Bookman, 622p Rio de Janeiro, RJ, 2o Ed., 2002.

