

Sumário

INTRODUÇÃO 07

1. CONDICIONANTES 11

- 1.1. As racionalidades – 16
- 1.2. Condicionantes legais – 19

2. A GEOQUÍMICA AMBIENTAL 43

- 2.1. Definição e posicionamento epistemológico – 43
 - 2.1.1 Geoquímica Aplicada – 44
 - 2.1.2 Ingresso no paradigma ambiental – 45
 - 2.1.3 Base interpretativa – 47
 - 2.1.4 Abrangência – 47
- 2.2. Alguns conceitos e definições – 48

3. DIAGNÓSTICO DO AMBIENTE FÍSICO 55

- 3.1. Estudos cartográficos – 55
 - 3.1.1 Roteiro – 55
 - 3.1.2 Produtos – 57
- 3.2. Estudos climáticos – 57
 - 3.2.1 Roteiro – 57
 - 3.2.2 Produtos – 58
- 3.3. Estudos geomorfológicos – 59
 - 3.3.1 Roteiro – 59
 - 3.3.2 Produtos – 62
- 3.4. Estudos pedológicos – 63
 - 3.4.1 Roteiro – 63
 - 3.4.2 Produtos – 65
- 3.5. Estudos geológicos – 65
 - 3.5.1 Roteiro – 65
 - 3.5.2 Produtos – 66
- 3.6. Estudos hidrológicos – 66
 - 3.6.1 Roteiro – 66
 - 3.6.2 Produtos – 69

3.7.	Estudos hidrogeológicos – 69
3.7.1	Roteiro – 69
3.7.2	Produtos – 70
3.8.	Estudos geoquímicos – 70
3.8.1	Roteiro – 70
3.8.2	Produtos – 71
4.	DETERMINAÇÃO DOS IMPACTOS NO GEOSSISTEMA 73
4.1.	Caracterização matemática – 73
4.2.	Método de avaliação dos impactos ambientais – 74
4.3.	Principais impactos – 76
4.3.1	Impactos climáticos – 76
4.3.2	Impactos geomorfológicos – 76
4.3.3	Impactos pedológicos – 76
4.3.4	Impactos geológicos – 78
4.3.5	Impactos hidrológicos – 79
4.3.6	Impactos hidrogeológicos – 80
4.3.7	Impactos geoquímicos – 80
4.4.	Matrizes de impacto ambiental – 80
5.	PROTEÇÃO AMBIENTAL 87
5.1.	Medidas de proteção ambiental <i>stricto sensu</i> – 87
5.2.	Avaliação de riscos geodinâmicos – 93
6.	MONITORAMENTO 97
6.1.	Sistemas de monitoramento – 97
6.2.	Monitoramento do geossistema – 98
6.2.1	Monitoramento espacial – 103
6.2.2	Monitoramento biogeoquímico – 103
6.2.3	Monitoramento climático – 104
6.2.4	Monitoramento de fluxos – 104
6.2.5	Monitoramento físico-mecânico – 105
ANEXOS	107
A.1.	Informações ambientais no Brasil – 107
A.2.	Quadros sobre impactos, acidentes e critérios de classificação de áreas naturais – 110
A.3.	Quadros e tabelas geoquímicas – 112
A.4.	Unidades de medida e tabelas de conversão – 148

Introdução

ABRANGÊNCIA

Considerando os processos biogeoquímicos como um dos agentes transformadores essenciais da crosta terrestre (determinantes de sua duração, forma, extensão, causação, consequências etc.) e identificando, na maioria dos atuais empreendimentos humanos, processos violentos de aceleração das transformações do meio geológico, torna-se possível aceitar, como *input* básico da origem causadora de impactos sobre a fauna, a flora e o próprio ser humano, a transformação geológica – biogeoquímica – acelerada. Atualmente, está cada vez mais comprovado, do ponto de vista das Ciências Ambientais, que a mudança global é passível de ser entendida como uma modificação antropogênica nos ciclos biogeoquímicos que produzem implicações no clima terrestre. O vetor dessa mudança é o consumo em larga escala do tanque de combustíveis fósseis, ou seja, de materiais geológicos (petróleo, gás natural, carvão e turfa) armazenados em eras geológicas pretéritas.

Dessa forma, justifica-se a ampla necessidade e abrangência dos estudos geocientíficos (e, em especial, geoquímicos) propostos a seguir, pelo menos para o conhecimento científico ambiental e a determinação dos impactos que os diferentes tipos de projeto, empreendimento e ação acarretam quando efetivamente imersos na realidade física.

Como referencial básico do presente manual, são consideradas as reflexões contidas na “teoria da perturbação e o gradiente subsídio-esforço” (Odum; Finn; Franz, 1979), a estratégia de estudo baseado no modelo de sucessão (Beanlands; Duinker, 1983) (Fig. I.1) e quatro importantes aspectos derivados do Artigo 6º da Resolução 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), de 23 de janeiro de 1986, que define como condições mínimas de um Estudo de Impacto Ambiental:

1. diagnóstico ambiental;

Capítulo I

Condicionantes

Entre os diversos sistemas dinamicamente inter-relacionados que formam a totalidade do planeta Terra (atmosfera, hidrosfera, criosfera, biosfera, litosfera e, até certo ponto, a antroposfera), o geossistema (rochas, alterações de rochas, solos e suas múltiplas formas de estruturação) possui predominância notável sobre os demais, do ponto de vista do conhecimento dos recursos naturais e, principalmente, no que se refere ao seu papel de suporte físico, condição primeira da existência dos seres vivos. Além disso, as estruturas geológicas e o funcionamento geodinâmico – incluindo os ciclos geoquímicos – condicionam, em grande medida, a localização das bacias oceânicas e algumas de suas principais características quanto à ocorrência das formas vivas, além de determinar, em grande parte, o arcabouço subjacente onde se encaixam as águas superficiais – rios, riachos, córregos, lagos e lagoas.

Assim, do ponto de vista do inter-relacionamento físico, econômico e institucional, é correto afirmar que a Terra pode ser subdividida em espaço superficial, espaço subsuperficial e espaço aéreo (Fig. 1.1).

Os recursos naturais (recursos da Terra), por outro lado, são atributos que acompanham uma unidade específica de espaço físico da superfície, do subsolo ou do espaço aéreo, sendo, conseqüentemente, formados pelo solo, água, ar, minerais,

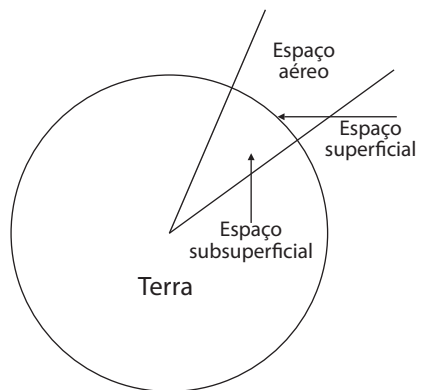


FIG. 1.1 Terra e espaço

temperatura, precipitações, topografia, flora e fauna, além de todos os outros atributos naturais que a integram.

Portanto, as características básicas da Terra como espaço físico são:

1. *imobilidade*, uma vez que uma unidade específica de espaço está geométrica e fisicamente fixa, com relação ao espaço, por definição e mensuração;
2. *indestrutibilidade*, uma vez que espaço físico não pode ser destruído;
3. *variabilidade*, uma vez que duas entidades de espaço físico não podem ser iguais: uma entidade difere de qualquer outra entidade;
4. *disponibilidade fixa*, uma vez que, por definição, a disponibilidade de um espaço físico é fixa e não pode ser diminuída ou aumentada (Timmons, 1985, p. 24).

Essas quatro características de espaço são fundamentais na determinação das fronteiras que restringem a ação humana, o uso do solo e o manejo de cada unidade particular do espaço (por exemplo, um lote, uma fazenda, uma mina, um lago etc.):

Obviamente, cada unidade de espaço envolve os recursos que ocorrem naturalmente nesta unidade particular de espaço, seja unidade de superfície (ex: uma fazenda), de subsolo (ex: uma mina), ou de espaço aéreo (Timmons, 1985, p. 24).

O conceito de espaço é importante desde a fixação de “fronteiras nacionais” até a localização de uma área.

O espaço pode ser, para finalidades de uso do solo, manejo, controle e administração, delimitado tanto vertical como horizontalmente, ou em ambas as direções. Semelhantes características espaciais da Terra permeiam as bases da teoria locacional e constituem o substrato do direito de posse da propriedade e sua troca e transferência entre as pessoas.

Os recursos naturais que compõem uma determinada unidade do espaço, ao contrário das características de espaço, podem ser afetados pelos seres humanos e, portanto, como consequência, ser qualificados por:

1. *mobilidade*, uma vez que os recursos naturais podem ser separados e removidos;

2. *destrutibilidade* (conforme qualificado pelas 1ª e 2ª Leis da Termodinâmica), uma vez que a forma e o caráter dos recursos naturais podem ser alterados;
3. *invariabilidade*, uma vez que os recursos naturais e/ou seus produtos podem ser classificados em termos de graduações, padrões ou classes; e
4. *instabilidade* de fornecimento, uma vez que o volume dos recursos pode ser aumentado ou diminuído por agentes humanos, dependendo da capacidade de renovação desses recursos e da tecnologia utilizada (Timmons, 1985, p. 25).

Dessa forma, ao contrário das características de espaço da Terra, os recursos naturais podem ser transportados e até destruídos; podem também se tornar invariáveis, e são instáveis em disponibilidade.

Os recursos naturais podem satisfazer uma demanda direta da população (como o ar e a água). Já o solo apresenta a necessidade direta (sob a forma de substrato físico) e demandas indiretas (alimentos e outros produtos minerais dele extraídos), o que o caracteriza como “bem de consumo” e “fator de produção”.

As três principais dimensões envolvidas no uso dos recursos naturais e do espaço podem ser vistas na Fig. 1.2.

A economia, caso particular de uma das racionalidades examinadas a seguir, revela o que é economicamente plausível em um ponto fixo no tempo; a disponibilidade institucional dos recursos naturais limita o seu uso pelas leis, políticas e sistemas de propriedades, e a dimensão física revela o que é fisicamente possível em um momento específico no tempo:

A dimensão física não pode, por si só, revelar:

- 1) o que deveria ser produzido, nem
 - 2) quanto deveria ser produzido, e/ou,
 - 3) precisamente quais os meios de produção que deveriam ser usados.
- Neste ponto, outras disciplinas e competências devem integrar o processo de distribuição do uso dos recursos (Timmons, 1985, p. 28).

As dimensões envolvidas no uso dos recursos naturais e do espaço são modificadas por:

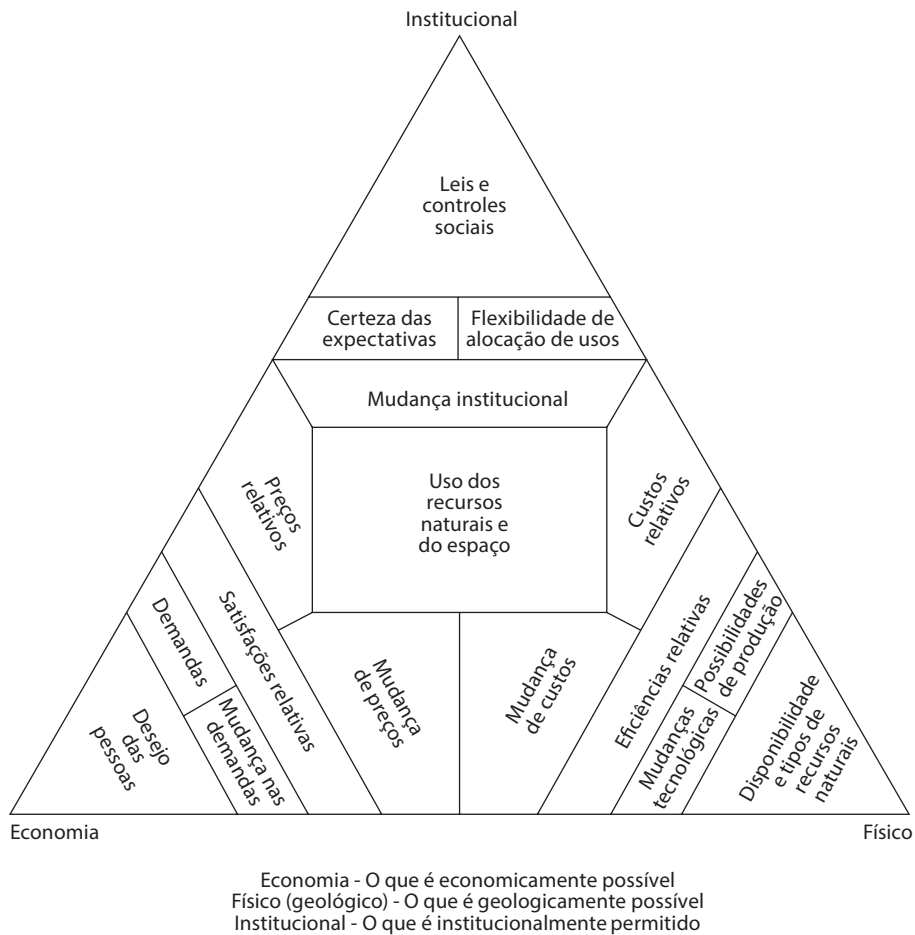


FIG. 1.2 O inter-relacionamento entre os fatores econômicos, institucionais e físicos no uso dos recursos naturais e do espaço

Fonte: modificado de Timmons (1985, p. 28).

1. inovações tecnológicas;
2. mudanças na demanda;
3. mudanças institucionais.

Assim é que:

A satisfação das necessidades físicas e aspirações socioeconômicas do homem, pelo desenvolvimento de uma atividade, se faz através de formas de uso e apropriação de um espaço, gerando efeitos no meio biogeofísico que poderão refletir-se nas condições físicas e socioeconômicas deste mesmo homem (Perazza et al., 1985, p. 2).

A exploração dos recursos naturais ou das atividades industriais poderá provocar impactos no meio ambiente por meio da alteração do ar, da água, do solo, da flora e da fauna e pela modificação da saúde e bem-estar dos próprios seres humanos, isto é, agindo sobre o meio socioeconômico.

A implantação de uma atividade modificadora do meio ambiente é o aspecto central no uso e apropriação do espaço (Fig. 1.3), e o principal objetivo do presente trabalho é estudar seus impactos no ambiente físico. Assim, os Estudos de Impacto Ambiental (EIAs), do ponto de vista das Geociências, partem de um estudo sistemático, passam por critérios ambientais e atingem a identificação dos impactos ambientais. Apesar de analisar *en passant* os aspectos legais e as racionalidades (a economia da

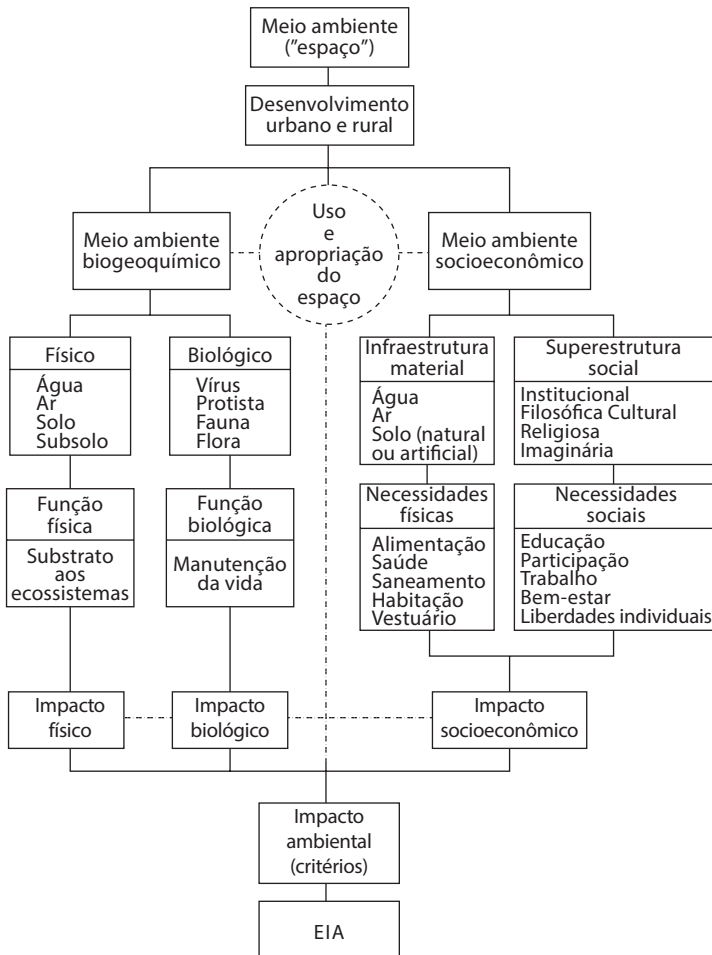


FIG. 1.3 Diagrama representando o entorno de um EIA

Fonte: modificado de Bolea (1980, p. 12) e Perazza et al. (1985, p. 3).

apropriação do espaço e dos recursos naturais), o restante deste trabalho irá se fixar na identificação dos condicionantes físicos do meio ambiente.

1.1. AS RACIONALIDADES

A análise das condicionantes econômico-conjunturais leva a um encontro imediato com a questão das racionalidades. A ação humana chamada “racional” consiste na adequação entre meios e fins, ou seja, *a racionalidade é — sob qualquer ponto de vista ou tipo de origem — sempre instrumental.*

O comportamento racional já foi descrito (Simon, 1957 apud Hollick, 1981, p. 66) como a seleção de alternativas que são conduzidas para atingir objetivos pré-selecionados. Uma decisão racional seria a que é compatível com os valores, alternativas e informações avaliados pelo indivíduo ou grupo que a realiza.

Uma decisão racional (Diesing, 1962 apud Hollick, 1981, p. 66) deve ser efetiva em produzir algum bem e ser baseada mais em discernimento inteligente do que no acaso. Uma organização funcionalmente racional é aquela que produz decisões racionais em um padrão confiável, como resultado mais da estrutura organizacional do que dos indivíduos localizados dentro dela.

Seis tipos de racionalidade podem ser identificados no caso da colocação de um empreendimento no meio natural (Hollick, 1981):

1. econômica;
2. técnica;
3. legal;
4. social;
5. política;
6. ecológica (por “racionalidade ecológica”, deve-se entender racionalidade ambiental).

A racionalidade econômica, que consiste em alocar recursos escassos em alternativas finais com o propósito de obter o maior benefício total possível, foi, no passado, a racionalidade que predominou sobre todas as demais. Essa predominância, longe de gerar o maior benefício total possível, foi a causa de inúmeros desastres e malefícios, justamente por ignorar aspectos físicos, ecológicos e sociais inarredáveis. De acordo com Milaré e Benjamin (1993, p. 13):

O objetivo central do estudo de impacto ambiental é simples: evitar que um projeto (obra ou atividade), justificável pelo prisma econômico ou em relação aos interesses imediatos de seu proponente, revele-se posteriormente nefasto ou catastrófico para o meio ambiente.

A *racionalidade técnica* envolve a seleção de meios (técnicos) para atingir um dado fim. Se o fim pode ser integralmente atingido e os recursos não são limitados, quaisquer meios adequados para atingi-lo são – tecnicamente – racionais. Essa racionalidade, juntamente com a econômica, é muito parcial quanto aos empreendimentos colocados no meio natural e, devido estritamente a isso, foi semelhante na geração de desastres e malefícios. Cabe registrar que a finalidade de um empreendimento dificilmente pode ser totalmente alcançada e, mais ainda, que os recursos *sempre* são atingidos por limitações, o que acarreta a completa invalidação do racionalismo tecnicista.

A *racionalidade legal* pode ser conceituada a partir do momento em que se identifica a sociedade como uma coleção de indivíduos e, conseqüentemente, estão destinados a surgir conflitos de interesse que não podem ser resolvidos por meios racionais legais: a Lei é, assim, uma estrutura de normas aceitas ao redor da qual os indivíduos podem construir um detalhado sistema de regras. Ela opera mais no sentido de estabilizar e institucionalizar conflitos do que de removê-los e, dessa maneira, não é socialmente racional. Entretanto, ela é racional no sentido de que é efetiva em prevenir e acomodar disputas que, de outra maneira, poderiam atingir a estabilidade social.

O aumento da sofisticação econômica e, conseqüentemente, da habilidade em aplicar a racionalidade econômica leva a uma maior necessidade de leis e de racionalidade legal.

A racionalidade legal depende da interpretação das leis escritas e de precedentes não escritos (jurisprudência), sendo completamente diferente, em natureza, das racionalidades técnica e/ou econômica, uma vez que não há qualquer técnica matemática que possa ser aplicada a ela. Para que seja apropriada, é necessário, antes de tudo, que haja uma distribuição relativamente estável de poder entre grupos de interesse e os valores aceitos que legitimam as regras e sanções necessárias para o funcionamento do sistema legal.

Uma sociedade pode ser dita possuidora de objetivos na medida em que seus membros individuais têm necessidades e desejos em comum.

A satisfação de objetivos materiais pode ser atingida tão somente com a utilização da racionalidade técnica ou econômica, mas a implementação efetiva de decisões geralmente requer a ação cooperativa.

A *racionalidade social* é aquela que acarreta a integração social, preenchendo, além das necessidades materiais dos indivíduos e grupos, necessidades psicológicas como identidade, posição, reconhecimento, pertinência e segurança. Entretanto, mesmo que um sistema social coeso faça ações coletivas para o maior benefício mútuo possível, elas podem não ser técnica ou economicamente racionais e, em alguns casos, poderão realmente prejudicar os interesses em longo prazo da sociedade. Assim, embora a racionalidade social seja necessária, não é suficiente.

O poder é passível de ser definido como a habilidade de afetar as ações de outros indivíduos, mesmo contra o seu desejo; e “poder político” como “poder sobre a alocação do poder”. As relações de poder determinam, então, “quem faz o que, para quem, com que efeito”. Como larga generalização, as decisões políticas estão relacionadas à manutenção ou intensificação dos poderes do grupo ou indivíduo que toma as decisões. A maioria das decisões sociais é feita, rotineiramente, por estruturas decisórias que incluem as racionalidades técnica, econômica e social, e as decisões políticas só são necessárias quando surgem conflitos ou pressões com as quais os sistemas legal e social não podem lidar.

A *racionalidade política* existe na medida em que é efetiva na manutenção ou intensificação da posição do decisor na estrutura de poder. Do ponto de vista daqueles que estão no comando, decisões racionais são aquelas que preservam os escalões superiores do poder, mas que podem, se necessário, alterar radicalmente os escalões inferiores. Respostas racionais a um problema político podem incluir a resolução por meios sociais, estabilização por mudanças no sistema legal, mudanças na estrutura de poder etc. Decisões políticas não estão relacionadas a méritos, mas à compensação de pressões de diferentes grupos, de tal forma que o compromisso se torna racional mesmo quando é feito entre bom e ruim.

A *racionalidade ambiental* relaciona-se com decisões ecológicas no sentido de preservar e melhorar o ambiente natural. As decisões ecológicas são racionais na medida exata em que servem para fins sociais dos quais a própria sociedade depende, como a proteção de ecossistemas, assegurando, assim, o bem-estar futuro. No entanto, o que esses fins sociais podem ser

envolve, ao menos quando considerados em detalhe, delicados julgamentos de valor, como os direitos das gerações futuras, por exemplo.

A racionalidade ambiental inclui a visão holística, sistêmica e integrada das Geociências, com destaque à Geoquímica Ambiental.

Os fatores físicos do meio ambiente e seus fatores ecológicos são, entretanto, usualmente considerados apenas como *restrições* nas racionalidades técnica e econômica. Todavia, é possível considerar uma cooperação ativa e evolucionária entre a sociedade, o ecossistema e o meio físico do qual ela é parte, tomando *potencialidades* no sentido de guiar seu desenvolvimento em direção a fins socialmente desejáveis.

Torna-se necessário registrar, ao finalizar esta breve análise das racionalidades, que o somatório de atos racionais isolados não leva necessariamente à racionalidade coletiva. Essa constatação pode ser identificada em dois casos atualíssimos e muito graves em nível planetário: a exterminação das baleias e a destruição da camada de ozônio, em que a racionalidade isolada de cada um dos países do mundo não está de modo algum produzindo o racional coletivo, o bem-estar planetário e muito menos a preservação ambiental.

1.2 CONDICIONANTES LEGAIS

A identificação dos condicionantes legais na instalação de empreendimentos no meio ambiente e na realização de seus respectivos Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) e Relatórios de Impacto Ambiental (Rimas) prende-se à definição do quadro legal vigente, ou seja, a Constituição Federal, as Constituições Estaduais e as legislações federal, estadual e municipal. Tendo em vista a diversidade das legislações estaduais e a extensão das legislações municipais existentes, são apresentados, a seguir, apenas os referenciais da Constituição Brasileira e alguns diplomas da legislação federal que se relacionam com os Estudos de Impacto Ambiental e os Relatórios de Impacto Ambiental.

Do ponto de vista legal, a possibilidade de exigência do Estudo de Impacto Ambiental por parte da Administração Pública existe desde a década de 1980, por meio da Lei no 6.803, de 2 de julho de 1980. Essa possibilidade, originada ainda no período autoritário, é extremamente tímida, e de forma alguma prevê a participação da comunidade no processo decisório de escolha das alternativas locais e tecnológicas ou na fiscalização do Estudo de Impacto Ambiental:

Art. 10. Caberá aos governos estaduais, observando o disposto nesta Lei e em outras normas legais em vigor:

[...]

§ 2o - Caberá exclusivamente à União, ouvidos os Governos Estadual e Municipal interessados, aprovar a delimitação e autorizar a implantação de zonas de uso estritamente industrial que se destinem à localização de polos petroquímicos, cloroquímicos, carboquímicos, bem como a instalações nucleares e outras definidas em lei.

Atualmente, os EIAs-RIMAs são, do ponto de vista da legislação brasileira vigente, instrumentos da Política do Meio Ambiente, conforme pode ser verificado na Lei Federal nº 6.938/1981, em seu artigo 9º. De fato, esta Lei estabelece, em seu artigo 3º, a definição jurídica de meio ambiente.

1.2.1. Constituição Federal

Título III - da organização do Estado

Capítulo II - da União

Artigo 20 - São bens da União:

I - os que atualmente lhe pertencem e os que lhe vierem a ser atribuídos;

II - as terras devolutas indispensáveis à defesa das fronteiras, das fortificações e construções militares, das vias federais de comunicação e à preservação ambiental, definidas em lei;

III - os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele prove-nham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;

IV - as ilhas fluviais e lacustres nas zonas limítrofes com outros países; as praias marítimas; as ilhas oceânicas e as costeiras, excluí-das, destas, as áreas referidas no artigo 26, II;

V - os recursos naturais da plataforma continental e da zona econô-mica exclusiva;

VI - o mar territorial;

VII - os terrenos de marinha e seus acrescidos;

VIII - os potenciais de energia hidráulica;

IX - os recursos minerais, inclusive os do subsolo;

Capítulo 2

A Geoquímica Ambiental

2.1 DEFINIÇÃO E POSICIONAMENTO EPISTEMOLÓGICO

A Geoquímica Clássica é uma disciplina que divide a realidade em compartimentos que vão do cosmo até os solos, passando, entretanto, pelas rochas. Assim, aparecem a Cosmogeoquímica, a Geoquímica de Solos e a Geoquímica de Rochas. A integração desses compartimentos, na visão da Geoquímica Clássica, é feita pelo *ciclo geoquímico*, que inclui uma fonte, um transporte e uma deposição (ou “residência”) de um elemento químico nos diversos compartimentos (Gough, 1993). Em última análise, no ciclo geoquímico tudo é referido às diferenciações do manto terrestre que deram origem às demais geosferas hoje existentes: litosfera, pedosfera, hidrosfera, criosfera, atmosfera, biosfera e antroposfera (esta, também denominada noosfera (Vernadsky, 1998; 1945; Allegre, 1994), inclui compartimentos artificiais totalmente inéditos: a espaçoesfera (Rohde, 1996) e a plastosfera (De Duve, 1997)).

Essa Geoquímica tradicional centra-se nas questões de abundância, distribuição e valores-limite ou limiares dos elementos químicos nos diversos compartimentos terrestres (Turekian; Wedepohl, 1961; Rösler; Lange, 1972, por exemplo). Dentro desse paradigma naturalista, um desvio da norma prevista para a realidade pelos valores estabelecidos pela Geoquímica Clássica constitui um padrão químico anormal ou uma irregularidade, e é denominado *anomalia* (Rose; Hawkes; Webb, 1991).

Tendo sido estabelecidos os valores médios dos compartimentos da geosfera (crosta continental, crosta oceânica, arenitos e folhelhos, por exemplo), a *ciência normal* (Kuhn, 1975) recaiu sempre sobre os contrastes das anomalias e sua explicação causal, ainda mais levando em conta que

as anomalias da crosta, na maioria das vezes, são sinônimos de *recursos minerais* ou até de jazidas.

Na Geoquímica Clássica não há, contudo, uma geoquímica da *antroposfera*, e isso se deve a dois fatores distintos que se complementaram na formação desta disciplina:

1. a inserção em uma fase histórica na qual as contribuições das ações humanas sobre os ciclos terrestres eram inexpressivas do ponto de vista quantitativo (“científico”) e desprezíveis do ponto de vista ambiental (“prático”) (para o caso dos rios, “do estágio prístino até a poluição global”, ver o trabalho de Meybeck e Helmer (1989));
2. a impossibilidade teórica da existência da antroposfera em razão da posição paradigmática naturalista explicitamente assumida, com o conseqüente abandono das anomalias antropogênicas (no paradigma geoquímico naturalista, as anomalias antropogênicas são classificadas como “falsas” (Levinson, 1974) e afastadas da discussão ou sequer aparecem nas que são “não significativas” (Rose; Hawkes; Webb, 1991)).

2.1.1 Geoquímica Aplicada

A abordagem epistemológica tradicional, que aplica a Geoquímica Clássica (ver, por exemplo, Moreira-Nordemann (1987)) à questão ambiental (“Geoquímica Aplicada”) sem realizar a mudança do paradigma natural para o ambiental (Rohde, 1996) possibilita o surgimento de duas situações alternativas principais:

1. a identificação das ações humanas mais concentradas ou graves como “anomalias antropogênicas”, as quais são contrastadas com os valores regionais ou locais de *background* natural (por exemplo, metais no Canadá (Painter et al., 1994)); essa tentativa teórica estabelece contrastes entre *backgrounds* e anomalias naturais (determinados pela Geoquímica de Reconhecimento) e aquelas produzidas ou introduzidas no ambiente pela ação humana; a escala de comparação é local ou regional;
2. a pura e simples escamoteação da questão ambiental, com o desvio da abordagem disciplinar para outros focos de atenção, como, por exemplo, refinamentos analíticos, cuidados de amostragem etc., o que leva a conclusões muito fracas do ponto de vista teórico e

Capítulo 3

Diagnóstico do ambiente físico

O diagnóstico ambiental será abordado por meio dos estudos geocientíficos necessários para o conhecimento (do ponto de vista das Geociências) do sistema ambiental afetado por determinado empreendimento. Esses estudos podem ser visualizados esquematicamente na Fig. 3.1.

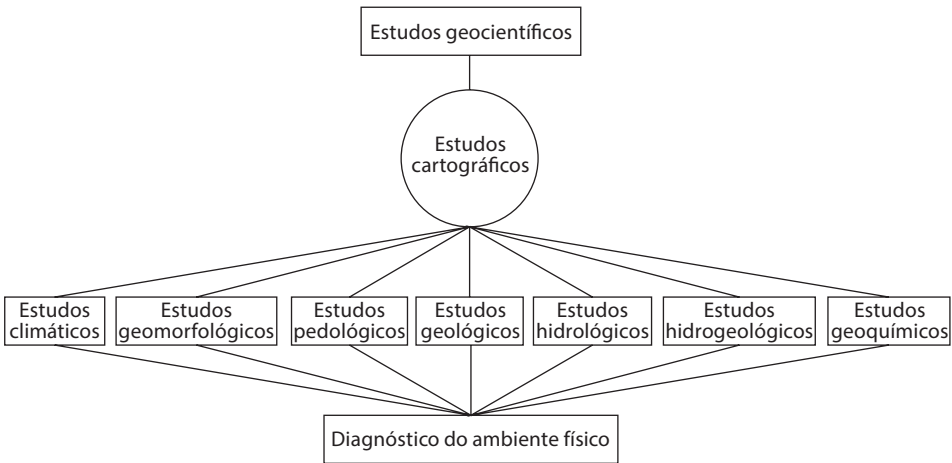


FIG. 3.1 Os estudos ambientais das Geociências no diagnóstico do meio ambiente físico

3.1 ESTUDOS CARTOGRÁFICOS

3.1.1 Roteiro

- Exame dos mapas e cartas já disponíveis
- Análise detalhada dos topônimos
- Elaboração do mapa base, de mapas especiais e/ou de detalhe
 - Escolha da(s) escala(s)

- Estabelecimento do sistema de coordenadas
- Escolha das projeções
 - Cilíndricas
 - Cônicas
 - Policônicas
 - Azimutais
 - Transversas
 - Globulares
- Fixação/determinação/escolha da equidistância (curvas de nível)
- Escolha/elaboração da representação cartográfica
 - Letreiros e legendas
 - Símbolos e convenções
 - Números (arábicos e/ou romanos)
 - Linhas
 - Sombras
 - Cores
 - Cores hipsométricas
 - Curvas de nível coloridas
 - Convenções fisiográficas
 - Texturas
- Elaboração/estudo de cortes e perfis
 - Topográficos
 - Paisagísticos
 - Geomorfológicos
 - Geológicos
 - Botânicos
 - Biocenoses
 - Ecossistemas
- Cartografia especial
 - Diagramas
 - Mapas estatísticos
 - Cartogramas
 - Diagramas de bloco
 - Modelos espaciais
 - Esboços e croquis
- Levantamentos topográficos
- Levantamentos aerofotogramétricos

- Levantamento por meio de sensores remotos (radar, satélites etc.)
- Articulação e situação dos mapas, cartas e folhas utilizadas/elaboradas

3.1.2 Produtos

- Mapa(s) base
- Mapa(s) específico(s) e detalhado(s)
- Cortes
- Produtos cartográficos especiais (diagramas, cartogramas, modelos espaciais, esboços, croquis)

3.2 ESTUDOS CLIMÁTICOS

3.2.1 Roteiro

- Classificação climática
- Circulação geral da atmosfera (macroclima); caracterização sumária da área
- Caracterização mesoclimática (em superfície)
 - Caracterização da rede de estações e postos meteorológicos
 - Análise das séries meteorológicas, com avaliação estatística
 - Estudo da temperatura
 - Regime dos ventos
 - Turbulência atmosférica
 - Ventos locais
 - Umidade relativa do ar
 - Pressão atmosférica
 - Radiação solar
 - Regime pluviométrico
 - Risco de tempestades (“tormentas”)
 - Risco de geadas
 - Risco de secas
 - Ocorrência de neve
 - Evaporação
 - Evapotranspiração
 - Insolação
 - Nebulosidade
 - Nuvens e nevoeiros (“neblinas”)
 - Geadas
 - Visibilidade

Capítulo 4

Determinação dos impactos no geossistema

4.1 CARACTERIZAÇÃO MATEMÁTICA

A descrição teórico-matemática dos impactos ambientais (Winkle; Christensen; Mattice, 1976) inicia com a suposição de que um ecossistema pode ser representado por um espaço N-dimensional, em termos de N variáveis de estado que definem o ecossistema potencialmente afetado pelo empreendimento proposto. Essas variáveis representam parâmetros estruturais ou funcionais biológicos e parâmetros físicos e químicos. As N variáveis de estado, cada uma delas função do tempo (t), podem ser notadas, na ausência do empreendimento, como $X_1(t)$, $X_2(t)$, ..., $X_{N-1}(t)$, $X_N(t)$. A variável $X(t)$ pode ser definida como o vetor que representa o estado do ecossistema em um ponto fixo no tempo sem a presença do empreendimento.

Também pode ser definido um vetor similar para representar o estado do ecossistema com a presença do empreendimento. As variáveis de estado podem ser, neste caso, notadas como $Y_1(t)$, $Y_2(t)$, ..., $Y_{N-1}(t)$, $Y_N(t)$, e definem um vetor $Y(t)$ em um ponto qualquer fixo no tempo.

Torna-se, assim, matematicamente possível estabelecer definições para ausência de impacto, impacto reversível e impacto irreversível utilizando essa caracterização de um ecossistema como um ponto em um espaço N-dimensional.

A Eq. 4.1 representa a ausência de impacto:

$$Y(t) - X(t) = O(t) \pm \delta(t), t > C \quad (4.1)$$

em que C é o momento de construção do empreendimento e δ é o vetor de desvios de zero.

A previsão matemática da ausência de impacto de um empreendimento sobre um ecossistema é dada pela Eq. 4.2:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \int_C^T [Y(t) - X(t)] dt = O \pm \delta \quad (4.2)$$

Ou seja, em qualquer tempo após o início da construção do empreendimento, a diferença entre o estado previsto para o ecossistema com ou sem o empreendimento é próxima a zero.

A Eq. 4.3 caracteriza o impacto reversível:

$$Y(t) - X(t) = O(t) \pm \delta(t), t \geq D + \tau \quad (4.3)$$

em que $D + \tau$ especifica um intervalo de tempo (τ) após o empreendimento ser desativado no momento D .

A previsão de impacto reversível de um empreendimento é mostrada na Eq. 4.4:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \int_{D+\tau}^T [Y(t) - X(t)] dt = O \quad (4.4)$$

em que, em todos os momentos, começando de algum tempo fixo após a desativação do empreendimento, a diferença entre o estado previsto do ecossistema com e sem o empreendimento é próxima a zero.

O impacto irreversível é caracterizado matematicamente pela incapacidade de um empreendimento satisfazer as Eqs. 4.3 e 4.4. Assim, em todos os momentos, começando de algum tempo fixo após a desativação do empreendimento, a diferença entre o estado previsto do ecossistema com e sem o empreendimento não é próxima a zero. Os diferentes aspectos gráficos da caracterização matemática dos impactos ambientais podem ser vistos na Fig. 4.1.

4.2 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Do ponto de vista das Geociências, é possível avaliar os impactos ambientais realizando as seguintes etapas (Fig. 4.2):

1. identificação das atividades do empreendimento e dos parâmetros do sistema ambiental;
2. correlação (e quantificação, se possível) dos efeitos ambientais das atividades identificadas sobre os parâmetros ambientais; como resultado dessa análise, obtém-se um diagrama de efeitos onde se pode visualizar o impacto potencial das atividades do empreendimento sobre o meio ambiente;
3. considerando as relações de causa e efeito e suas quantificações, torna-se factível orientar o estabelecimento de medidas de

5.1 MEDIDAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL *STRICTO SENSU*

Após a identificação dos impactos ambientais que um empreendimento desenvolverá na sua instalação ou quando estiver em operação, existe a necessidade de adotar medidas para prevenir, reduzir, compensar ou, se possível, suprimir as suas consequências negativas.

É evidente, então, que as características do empreendimento e de sua atuação no meio ambiente determinarão de forma fundamental quais serão as medidas de proteção ambiental a serem implementadas. As características do meio ambiente e sua maior ou menor fragilidade também influenciam, embora em menor grau, essas escolhas e decisões. Campo de atuação principal da Engenharia Ambiental, o abatimento e a remoção de particulados e de dióxido de enxofre, a disposição correta de efluentes líquidos e sólidos e a redução de poeira e ruídos estão incluídas nessa prática.

O estudo sistemático da *atividade minerária* (Ibram, 1985) permitiu determinar as medidas de proteção ambiental a seguir, vistas sob o enfoque de “métodos de controle da poluição”.

Os métodos de *controle da poluição do ar* são os seguintes (Ibram, 1985):

1. *aspersão de água*:
 - em estradas, por meio de carros-pipa ou redes aspersoras fixas;
 - nos processos de perfuração, peneiramento e britagem;
 - pela varrição úmida;
 - pela lavagem de gases e retenção de particulados;
 - em pilhas de estéril e produto;
 - sobre correias, ponto de transferência etc.;

6.1 SISTEMAS DE MONITORAMENTO

O monitoramento é uma atividade de controle ambiental que começa após o estabelecimento da hipótese inicial (configurada no Rima) e que serve, em última análise, para testar a sua validade (Fig. 6.1).

O monitoramento pós-EIA tem três justificativas básicas:

1. a documentação dos impactos;
2. o alarme para impactos adversos ou mudanças súbitas em tendências de impactos não previstos, por meio de indicadores que atinjam níveis críticos (definidos anteriormente por leis, regulamentos, níveis limiares, normas ou procedimentos);
3. as agências governamentais de todos os níveis têm potencial substancial de controlar, coletivamente, a temporalidade, frequência,

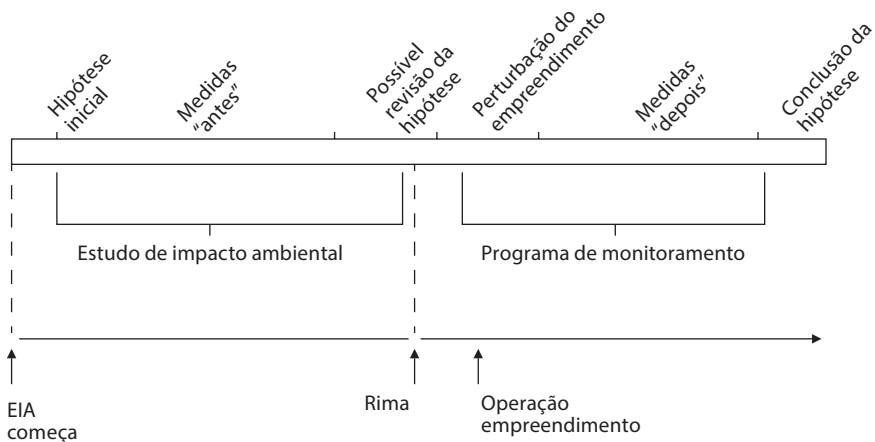


FIG. 6.1 Relação entre EIA e monitoramento

Fonte: adaptado de Beanlands e Duinker (1983, p. 60).

locação e nível dos impactos; esses controles auxiliam na tomada de decisão, no planejamento, na regulação e reforço da legislação e na disponibilidade de dados ambientais (considerados cada vez mais um bem público e, portanto, devendo ser providos pelo poder público).

Os usuários primários dos dados de monitoramento são, claramente, agências de controle ambiental funcionando em nível de campo, que são os coletores de dados mais apropriados e devem ser, dessa maneira, ativamente envolvidos no desenvolvimento e operação dos sistemas de monitoramento.

A definição usual de que “monitoramento simplesmente significa mensuração repetitiva” (Beanlands; Duinker, 1983, p. 19) encerra dois aspectos importantes: a repetitividade e a possibilidade desta ser realmente efetuada. Dessa forma, esses dois aspectos originam as duas questões desenvolvidas pelo Geological Survey, ao propor um método para monitoramento pós-EIA (Marcus, 1979): o desenvolvimento de um sistema de monitoramento (Fig. 6.2) e a sua implementação/operação (Fig. 6.3).

Semelhante otimização leva em conta o problema da análise dos dados obtidos e focaliza seus objetivos em nível de campo e planejamento nacional.

O Geological Survey apresenta (Marcus, 1979, p. 39) uma advertência:

O valor último de um sistema de monitoramento é determinado pelo alcance com o qual ele molda as decisões futuras das ações federais, e pela amplitude com a qual as agências efetivamente reagem aos impactos.

Transposto ao caso do monitoramento de empreendimentos em que o fluxo de informações ambientais (Fig. 6.4) será realizado pelo próprio empreendedor, o programa de monitoramento ambiental deve ser explicitado não só em termos de abrangência geográfica (como exemplificado na Fig. 6.5), mas justamente na frequência das observações, medidas e análises e no repasse das informações ao órgão de controle ambiental.

6.2 MONITORAMENTO DO GEOSSISTEMA

O papel das Geociências quanto ao desenvolvimento de um sistema de monitoramento do ambiente físico (geossistema) prende-se, basicamente, aos seguintes aspectos:

Anexos

A.1 INFORMAÇÕES AMBIENTAIS NO BRASIL

As informações sobre o meio ambiente brasileiro são de natureza desconectada, dispersa, assistemática, especulativa e acadêmica (mas existem!): um imenso museu ortodoxo que, na maioria dos casos, não permite o entendimento holístico de qualquer questão ambiental. As listagens a seguir tentam auxiliar na dificultosa busca de dados ambientais no Brasil.

A.1.1 Cartográficas

Divisões de Levantamento do Exército

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Rio de Janeiro/RJ e representações estaduais)

Inpe – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (São José dos Campos/SP)

Cocar – Comissão de Cartografia (Brasília/DF)

A.1.2 Climáticas

DMET – Departamento Nacional de Meteorologia (Brasília/DF)

Inamet – Instituto Nacional de Meteorologia

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Eletrobras – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Rio de Janeiro/RJ)

Eletronorte – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Brasília/DF)

Eletrosul – Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. (Florianópolis/SC)

Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasília/DF e representações estaduais) [sucedeu o DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica]

A.1.3 Geomorfológicas

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral (Brasília/DF e representações estaduais)

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Rio de Janeiro/RJ e representações estaduais)

Inpe – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (São José dos Campos/SP)

QUADRO A.2 LISTA DOS ACIDENTES MAIS COMUNS NOS EMPREENDIMENTOS

ACIDENTES

- explosões e *blowouts*
- derramamentos (*spills*)
- vazamentos (*leaks*)
- fugas gasosas
- incêndios
- falhas operacionais
- eventos geodinâmicos (terremotos, inundações, deslizamentos etc.)

QUADRO A.3 ALGUNS CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO DE ÁREAS NATURAIS

CRITÉRIOS

- raridade, unicidade
- diversidade
- tamanho
- naturalidade
- produtividade
- fragilidade
- representatividade, tipicidade
- importância para a vida selvagem, abundância
- ameaça
- valor educacional
- nível de significância
- considerações de limites e fronteiras
- localização ecológica/geográfica
- acessibilidade
- efetividade conservacionista
- recursos culturais
- forma

Fonte: extraído de Smith e Theberge (1986, p. 716).