

## Contribuições para a consideração da variável ecológica no campo teórico do risco

*Contributions to the consideration of the ecological variable in the theoretical field of risk*

Reginaldo Pereira\*

Silvana Winckler\*\*

Arlene Renk\*\*\*

**Resumo:** Em regra, estudos jurídicos tratam o risco como elemento social, posto ou em construção. Este ensaio propõe uma abordagem pautada na ecologia científica ou natural, como alternativa complementar aos estudos tradicionais. Apresentar elementos de uma teoria ecológica do risco, confrontando-a com aportes antropológicos, sócio-sistêmicos, fenomenológicos e autocríticos sociais já articulados pelos autores das ciências sociais sobre o tema, é o objetivo do trabalho. O método utilizado é o dedutivo e a técnica de pesquisa empregada é a revisão de literatura. Conclui-se que uma maior clareza sobre a dinâmica dos ecossistemas possibilita a construção de parâmetros epistemológicos, teórico-políticos, jurídicos e políticos sobre o risco a partir do equilíbrio ecológico dinâmico.

**Palavras-Chave:** Risco; Teorias sociais sobre risco; Equilíbrio ecológico.

**Abstract:** As a rule, legal studies treat risk as a social element, either established or under construction. This essay proposes an approach based on scientific or natural ecology, as a complementary alternative to traditional studies. The objective of this essay is to provide elements of an ecological theory of risk, confronting it with anthropological, socio-systemic, phenomenological, and social self-critical contributions already articulated by social science authors on the subject. The method used is deductive and a literature review is employed as the research technique. It

\* Doutor em Direito pela UFSC. Professor do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Direito da Unochapecó. Líder do Grupo de Pesquisa Direito, Democracia e Participação Cidadã credenciado pela Unochapecó. Membro de Rede de Pesquisa Nanotecnologia, Sociedade e Ambiente (RENANOSOMA).

\*\* Doutora em Direito (Universidade de Barcelona). Professora dos Programas de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais e Direito (UNOCHAPECÓ). Vice-Líder do Grupo de Pesquisa Direito Democracia e Participação Cidadã (UNOCHAPECÓ).

\*\*\* Doutora em Antropologia Social (UFRJ). Professora dos Programas de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais e Direito (UNOCHAPECÓ).

**Submissão:** 04.12.2021. **Aceitação:** 24.05.2022.

is concluded that greater clairvoyance about the dynamics of ecosystems would enable the construction of epistemological, theoretical-political, legal and political parameters on risk from dynamic ecological balance.

**Keywords:** Risk; Social theories about risk; Dynamic ecological balance.

## Introdução

Há algum tempo o risco se tornou objeto de análise de campos teóricos sem muita tradição na sua abordagem. De preocupação dos ramos que o utilizavam como elemento estatístico, o risco ganhou outros ares. Sociologia e antropologia são exemplos de disciplinas que com ele passaram a se ocupar.

Nas ciências sociais, o risco geralmente é abordado a partir de perspectivas que privilegiam o caráter conformador de sociedades baseadas em fluxos tecnológicos incrementais e a forma como grupos sociais o percebem.

Inegáveis são as contribuições de autores do peso de Ulrich Beck, Niklas Luhman, Mary Douglas e Anthony Giddens para os incipientes estudos jurídicos sobre os riscos. Todavia, conforme as análises jurídicas avançam e os problemas socioambientais se tornam mais complexos, interdependentes e retroalimentados, novas abordagens, a partir de parâmetros de disciplinas tradicionalmente mais distantes do direito ou que possibilitem investigações inter, multi ou transdisciplinares sobre o tema, tornam-se úteis e desejáveis.

O presente artigo procura elementos de conexão entre a ecologia natural ou científica e o direito para tratar de vieses que, muitas vezes, passam despercebidos por estudos baseados em teorias sociais. Seu objetivo é tratar do risco a partir de fatores-chave para a dinâmica dos ecossistemas – tais como homeostase, homeorese, resistência, resiliência e redundância – essenciais para a manutenção do equilíbrio ecológico dinâmico.

Teoricamente, a justificativa do recorte temático reside na escassez de iniciativas semelhantes e na metodologia empregada para a realização da pesquisa que deu origem ao artigo, que evidencia a importância de análises multidisciplinares para a definição de limites de tolerabilidade ou aceitabilidade de riscos, na maioria das vezes, definidos a partir de critérios políticos, éticos, sociais, culturais, econômicos, científicos, jurídicos etc., que orbitam o campo da ação humana. A inserção da variável proposta, não somente como fundamento da ecologia política, importa, ainda, na ecologização da governança de riscos.

O artigo está dividido em duas partes. A primeira é dedicada à revisão das principais teorias sociais sobre o risco e a segunda às bases e aos elementos do que se poderia denominar de teoria ecológica do risco. A pesquisa é analítica,

pautada no método dedutivo, e utiliza como procedimento a revisão bibliográfica realizada em livros e artigos dedicados à temática do ensaio.

## 1. Teorias sociais sobre o risco

É adequado às teorias que informam sobre o risco a prévia definição do vocábulo. O que, afinal, é um risco? O conceito de risco, imprescindível para a caracterização da sociedade atual, era ignorado na Idade Média. Nos séculos XVI e XVII, começou a ser utilizado em um contexto específico: as viagens marítimas dos portugueses, em especial o momento da partida para o mar desconhecido (GARCIA, 2007). A expressão chegou à língua inglesa importada do português ou do espanhol para designar a insegurança resultante da navegação em mares desconhecidos (GIDDENS, 2000). Etimologicamente, restou o risco atrelado à incerteza e à imprevisibilidade intrínsecas às incursões rumo ao desconhecido. Ocorre que a categoria “perigo” também guarda íntimas relações com o futuro. Em que medida risco e perigo se distanciam?

Não existe risco sem valorização positiva de algo, sem algo que se possa perder. O risco é um acontecimento futuro, um momento esperado ou temido, no qual essa perda pode acontecer. O risco percebido significa perigo, que tem algo claramente ameaçador, o que o risco nem sempre possui. Todavia, qualquer perigo tem todas as características de um risco. O perigo realizado é um desastre. O risco é algo que abre uma dada situação e bifurca o percurso da história de forma imprevisível (BRÜSEKE, 2001).

Enfrentar um perigo sempre foi considerado algo que honra o homem. A valorização do perigo ganhou status filosófico com Nietzsche. A apreciação da pessoa capaz de enfrentar o perigo contrasta com a estima negativa de quem procura o risco. O risco não procurado causa, em geral, sentimentos menos nobres, como o medo de perder (BRÜSEKE, 2001). A diferença de postura diante do risco e do perigo pode decorrer da pouca idade em relação a noção de risco, quando comparada ao tempo em que o homem convive com o perigo. Ao contrário do perigo, a noção de risco é eminentemente moderna e começou a ser objeto de análise pelas ciências sociais em virtude das conformações que as sociedades passaram a adquirir, principalmente com a intensificação dos processos de modernização, ocorridos a partir da segunda metade do século XX.

Ao tratar do medo como disposição, Heidegger (2009) o considera segundo três perspectivas: de que se tem medo (*wovor*), de ter medo e pelo que se tem medo (*worum*). Atendo-se à dimensão que trata do “de que se tem medo”, ou seja, o “amedrontador”, o autor desenvolve um argumento elucidativo acerca das diferenças entre perigo e risco:

O de que se teme, o “amedrontador”, é sempre um ente que vem ao encontro dentro do mundo e possui o modo de ser do que está à mão, ou do ser simplesmente dado ou ainda da co-presença. Não se trata de relatar onticamente o ente que, na maior parte das vezes e das mais diversas formas, pode tornar-se “amedrontador”. Trata-se de determinar fenomenalmente o que é amedrontador em seu ser amedrontador. O que pertence ao amedrontador como tal a ponto de vir ao encontro no ter medo? Aquilo de que se tem medo possui o caráter de ameaça. Isso implica várias coisas: 1. O que vem ao encontro possui o modo conjuntural de ser prejudicial. Ele sempre se mostra dentro de um contexto conjuntural. 2. Esse prejudicial visa a um âmbito determinado daquilo que pode encontrar. Chega trazendo em si a determinação de uma região dada. 3. A própria região e o “estranho” que dela provém são conhecidos. 4. Enquanto ameaça, o prejudicial não se acha ainda numa proximidade dominável, ele se aproxima. Nesse aproximar-se, o prejudicial se irradia, e seus raios apresentam o caráter de ameaça. 5. Esse aproximar-se aproxima-se dentro da proximidade. O que, na verdade, pode ser prejudicial no mais alto grau e até constantemente se aproxima, embora mantendo-se à distância, vela seu ser amedrontador. É, porém, aproximando-se na proximidade que o prejudicial ameaça, pois pode chegar ou não. Na aproximação cresce esse “pode chegar mas por fim não”. Então, dizemos, é amedrontador. 6. Isso significa: ao se aproximar na proximidade, o prejudicial traz consigo a possibilidade desvelada de ausentar-se e passar ao largo, o que não diminui nem resolve o medo, ao contrário, o constitui. (HEIDEGGER, 2009, p. 200)

A diferença entre o danoso, o amedrontador e o perigo, para Heidegger, reside na forma como o risco é percebido, ou seja, como o “prejudicial [...] pode chegar ou não” (HEIDEGGER, 2009, p. 200). Isso significa que o risco, ao contrário do perigo, “não pode ser interpretado exclusivamente como algo que pertence ao mundo externo [...], mas também como algo que caracteriza a existência humana, independente da formação social temporariamente em vigor” (BRÜSEKE, 2001, p. 39). O risco passa a ser, dessa forma, objeto de estudo, um problema a ser investigado pelas ciências sociais, em virtude de sua criação social e da novidade que representa.

### **1.1. Risco como problema das ciências sociais**

Em função do caráter central que adquiriram nas dinâmicas sociais desde a Segunda Guerra Mundial, a partir da década de 1970, as ciências sociais inseriram em suas pautas o paradigma do risco social, com o intuito de determinar as correlações entre o risco e os problemas das sociedades contemporâneas.

Cientistas sociais, a exemplo de Ulrich Beck, apontam que os processos produtivos representam uma expropriação ecológica do estoque planetário de alimento, ar e água, gerando e difundindo novos riscos objetivos, tais como químicos, nucleares, biogenéticos, entre outros. Além desses, devem ser acrescentados aqueles oriundos da pesquisa e da utilização de energias e matérias

inovadoras em escala macro, micro e nanotecnológica. No atual contexto, os problemas ambientais teriam escala global e consequências irreversíveis, atingindo os próprios produtores de risco.

Os problemas ambientais decorrentes da destruição da natureza converteram-se em um componente essencial da dinâmica de reprodução social. A partir dessa constatação, Mattedi (2002) delinea quatro estratégias utilizadas pela sociologia para a explicação da relação entre os problemas ambientais e o risco: a abordagem culturalista de Mary Douglas e Aaron Wildavsky; a análise sistêmica de Niklas Luhmann; a interpretação fenomenológica de Antony Giddens; e a interpretação autocrítica social de Ulrich Beck.

Douglas e Wildavsky (1982) entendem o risco em seu aspecto cultural, pois a forma como cada pessoa percebe o risco depende de valores estabelecidos na sociedade em que está inserido. A abordagem etnológica dos autores parte da fórmula: a cada um (pessoa ou comunidade), os seus riscos, e determina que a forma como um risco é apreendido depende de fatores como a posição social e o sistema de valores vigentes. Essa posição e esses valores não devem ser considerados isoladamente: “a organização e a situação de um grupo no seio de uma sociedade estão sempre estreitamente ligados aos valores e às crenças, ou seja, à cultura e às formas de pensar do grupo” (MATTEDI, 2002, p. 134).

Para Luhmann, a sociedade é um sistema autopoietico, isto é, que se recria a partir de seus próprios elementos. Essa teoria, aplicada ao direito, resulta numa dinâmica de autorreferência que permite que o direito mude a sociedade e altere a si mesmo, com considerável grau de autonomia, de acordo com a dinâmica do seu próprio sistema. Tal autorreferência conduz à conformação de um sistema jurídico apto a dar respostas adequadas aos problemas da sociedade atual, caracterizada pela hipercomplexidade ou “policontextualidade” (ROCHA; CARVALHO, 2006).

A comunicação é um elemento central na teoria dos sistemas sociais de Luhmann. Os sistemas sociais, para ele, são sistemas de comunicação dentro do sistema abrangente “sociedade”, que se diferencia do ambiente pela seleção de informações que opera em relação ao exterior infinitamente complexo. O sistema opera, então, como redutor de complexidade, ao selecionar informações de acordo com as regras que lhe são inerentes.

Luhmann contrapõe o risco à incerteza e ao perigo. Tanto o risco quanto o perigo indicam incerteza em relação ao futuro. Ocorre que, enquanto o risco pode ser considerado o resultado de uma decisão, o componente que está em jogo no momento da realização de uma escolha entre alternativas possíveis, o perigo relaciona-se somente aos efeitos provocados por fatores que estariam fora do controle (MATTEDI, 2002).

Riscos são possíveis danos decorrentes das próprias decisões, enquanto perigos originam-se de forças externas, fora do próprio controle. A partir do momento em que a trajetória histórica se torna função das minhas decisões, assumo a responsabilidade por possíveis fracassos. O risco pressupõe a consciência desses danos possíveis, só que a mesma decisão que representa um risco para determinada pessoa pode vir a se tornar um perigo para outrem. A interpretação de perigos como riscos se dá pelo aumento da margem de decisão individual. Nesse contexto, a liberdade aparece na discussão apenas como liberdade de decisão. A falta de discussão sobre o conceito de liberdade é perceptível nos debates atuais sobre a sociedade de risco. Tal fator tem levado a alguns movimentos ecologistas conservadores, que se diferenciam, nesse aspecto, da ideologia libertária dos novos movimentos sociais (BRÜSEKE, 2001).

Como a teoria luhmanniana está centrada na diferença entre sistema e ambiente, e como a cada tomada de decisão – fechamento operacional – de um subsistema que integra o sistema maior e comunica-se com os demais subsistemas via interpenetrações mútuas ocorre, por mais paradoxal que pareça, não uma diminuição de complexidade, mas um aumento de complexidade, o risco passa a ser o elemento que está em jogo quando se decide.

Tal perspectiva afasta, na visão de Luhmann, a negatividade como a única característica do risco. Ele passa a ser um elemento que integra as dinâmicas decisórias, cujos resultados não são conhecidos no momento do fechamento operacional. O risco torna-se uma aposta no futuro a balizar a tomada de decisões. A sua assunção se dá em função de outros elementos que também devem ser considerados.

A soma de todos os fatores, acrescidos de uma dose de aleatoriedade, é que determinará a natureza das consequências, que poderão ser positivas ou negativas para todos os que participaram do fechamento operacional, positivas para alguns dos envolvidos e negativas para outros ou, ainda, positivas ou negativas para os que não fizeram parte da operação.

Giddens (1997) identifica dois aspectos caracterizadores do risco na sociedade moderna: um externo, relativo às ameaças vindas de fora, da tradição e da natureza, e outro interno, relacionado à fabricação dos riscos pela própria sociedade.

Tradição em Giddens tem a ver com a ideia de controle do tempo, pois, ao remeter ao passado, ela acaba exercendo forte influência sobre o presente e o futuro. A tradição, que se diferencia de costume, na medida em que revela a união entre aspectos morais e emocionais e, por isso, é um meio de organizar a memória coletiva, é rompida pela separação de espaço e tempo e pelo desencaixe

dos sistemas sociais, que passam a ser os mecanismos básicos da dinâmica da modernidade (GIDDENS, 1997).

A separação de espaço e tempo decorre do fato de a dimensão espacial da sociedade não estar mais dominada pelo princípio da presença, dada a padronização do tempo, via possibilidade de sincronização de acontecimentos distantes pelo uso de instrumentos de medição do tempo. O tempo se torna, dessa forma, vazio, perdendo a sua ligação com a vida social tradicional e desencaixado, possibilitando o surgimento de instituições cuja atuação abrange vastas distâncias, as quais dependem, ainda, de mecanismos de coordenação temporal e espacial novos (BRÜSEKE, 2001).

Desencaixe é o deslocamento das relações sociais de contextos locais de interação e sua reestruturação por meio de extensões indefinidas de tempo-espaço, que se dá pela atuação de dois tipos de mecanismos: a criação de signos simbólicos (como o dinheiro) e a instalação de sistemas de peritos (sistemas de excelência técnica ou competência profissional que organizam grandes áreas dos ambientes material e social em que se vive atualmente). Todos os mecanismos de desencaixe dependem da confiança em mecanismos abstratos (BRÜSEKE, 2001).

A maior parte dos problemas ambientais encontra-se relacionada à fabricação dos riscos e, à medida que a dinâmica de fabricação do risco se expande, perde-se a capacidade de estabelecer o nível dos riscos ambientais, o que caracteriza o ambiente de reflexividade, mediante o qual os grandes problemas que a humanidade deve enfrentar são aqueles que ela mesma acaba causando.

Sem haver mais a possibilidade de confiar nas tradições para a solução dos problemas, as esperanças são canalizadas, via desencaixe, para a criação de signos, como o dinheiro – pela capacidade de financiamento das ações necessárias para resolver os problemas –, e para os sistemas de peritos, que são sistemas de primazia técnica ou competência profissional atuantes na sociedade. Os sistemas de peritos estão intimamente ligados ao conceito de confiança em sentido amplo, a qual, pela derrocada das tradições, resta vinculada, quase que exclusivamente, à tecnociência, pois, ao instrumentalizá-la, os peritos especialistas “criam grandes áreas de segurança relativa para a continuidade da vida cotidiana” (GIDDENS, 2002, p. 126).

Essa confiança, no entanto, não é automática nem permanente, pois a posição de especialista/perito está firmada em um desequilíbrio entre as suas habilidades e informações em um determinado assunto ou área, quando confrontadas com um leigo, sendo que, nos moldes atuais, a especialização é sempre uma possibilidade para o leigo, que pode deixar de confiar a qualquer momento.

Em Beck (1998), risco deve ser apreendido a partir do conceito de sociedade de risco, a qual, para o autor, substituiu a sociedade industrial e é correlata à sociedade pós-industrial, nascida de uma mudança estrutural ocorrida no sistema capitalista de produção durante a segunda metade do século XX. Os avanços da ciência e a necessidade de contínua expansão econômica, fatores advindos da crença moderna no progresso, da autoconfiança da modernidade em sua própria técnica que se converteu em força criadora, conforme salienta Beck (1998), fizeram com que fossem incorporadas aos processos produtivos substâncias e energias que acabaram retirando da sociedade industrial a capacidade de autorregulamentação, de gerir os riscos aos quais passaria a ser exposta.

A partir de então, a sociedade passa a conviver com riscos construídos pelo processo de desenvolvimento da ciência, da técnica, pelo seu desdobramento na indústria, que aceleram o potencial da poluição, das guerras *high tech*, da bomba atômica etc. (BRITO; RIBEIRO, 2003).

Ao contrário dos perigos pré-industriais, percebidos como “golpes do destino” atribuídos a forças externas – deuses, demônios, natureza (BECK, 1998) –, os riscos pressupõem decisões tecno-econômicas, além de se apresentarem imprevisíveis, invisíveis e imperceptíveis pelos instrumentos de controle que não conseguem, assim, prevêê-los.

Outra característica do risco está relacionada ao seu alcance: as catástrofes ocorridas no século XX – duas guerras mundiais, o massacre de judeus em Auschwitz, a hecatombe de Nagasaki, entre outros fatos, somados, ainda, ao desastre nuclear de Chernobyl – estabelecem uma ruptura na forma de analisar os perigos e os riscos nos tempos atuais, pois, se até a presente época os efeitos das ações violentas de determinados seres humanos restringiam-se a determinados grupos sociais (judeus, negros, mulheres refugiados políticos, dissidentes, comunistas etc.) e a espaços delimitados que possibilitavam o distanciamento daqueles que não eram afetados por elas, desde Chernobyl esse distanciamento já não é mais possível (BECK, 1998). Apesar das críticas oriundas, principalmente, de teóricos e ativistas dos movimentos que lutam por justiça ambiental, é inegável que a sociedade de risco espalha seu alcance a todo o Globo, às custas de muitos, em benefício de poucos.

A afirmação da sociedade de risco importou na passagem da modernidade simples para a modernidade reflexiva que se vê obrigada a gerir os riscos por ela produzidos. A modernidade reflexiva seria, assim, fruto da autoconfrontação com os efeitos da sociedade de risco que não podem ser tratados e assimilados no sistema da sociedade industrial por meio dos padrões institucionais dessa última, implicando uma ruptura na lógica de distribuição, pois, se na sociedade industrial

(primeira modernidade) esta girava em torno de uma repartição justa dos bens produzidos, na sociedade de risco (modernidade reflexiva) a distribuição dos bens é encoberta “pelos conflitos de distribuição dos ‘malefícios’” (BECK, 1997, p. 17) advindos da utilização da tecnologia nuclear, química, biológica, genética, da crescente militarização e do agravamento da crise ambiental e da pobreza nos países periféricos (BECK, 1998).

A distribuição dos malefícios foi consideravelmente agravada pelos processos de globalização e as instituições de governança ambiental encontram sérias dificuldades para equacionar seus efeitos.

## **1.2. Convergências das teorias sociais sobre o risco**

As abordagens demonstram o quanto a categoria risco passou a fazer parte das preocupações das ciências sociais desde a constatação de sua ligação aos avanços tecnológicos e aos problemas decorrentes de tal casamento, experimentados nos últimos três séculos, principalmente nos países centrais ocidentais.

As estratégias de análise de Mary Douglas, Aaron Wildavsky, Antony Giddens, Niklas Luhmann e Ulrich Beck abordam o risco como fator social culturalmente construído e fenomenologicamente percebido em ambientes de reflexividade, que se encontra em pauta, em jogo, nos fechamentos operacionais dos processos de diferenciação sistêmica e ocupa o alicerce, a base das sociedades pós-industriais.

Mesmo partindo de perspectivas diferentes, os autores vinculam o risco à construção social do risco, o que evidencia o seu caráter sociocultural, distanciando-o da noção de perigo. Há também uma visível preocupação em relação aos fins para os quais são fabricados, independentemente da forma como são percebidos.

A melhoria e a manutenção dos modelos modernos de organização social e econômica, ao pautarem-se, preponderantemente, em contínuas melhorias tecnológicas nos processos e produtos introduziram o risco como um novo componente nas tessituras sociais, criando cenários em que as possibilidades que oferece em diversas áreas do agir humano ofuscam as preocupações necessárias quanto às suas implicações éticas, políticas e jurídicas.

Diante de tal quadro, os autores adotam diversas estratégias de apreensão e compreensão do papel exercido pelo risco na dinâmica das sociedades contemporâneas, e procuram enfocar desde aportes antropológicos, sócio-sistêmicos, fenomenológicos e autocríticos sociais.

Não obstante o avanço e a relevância das contribuições das teorias de cunho social, verifica-se a ausência de uma abordagem do risco realizada a partir de princípios e aportes oriundos de outras ciências que possibilitariam a compreensão desse novo componente social sem reduções de complexidade e que levariam

também em consideração as consequências que impõe à dinâmica dos ecossistemas, para o entendimento das relações entre risco, sociedade e equilíbrio ecológico dinâmico.

Em cenários de agudização de riscos, que impõem desafios que conduzam a propostas de ampliação dos direitos humanos para garantia, inclusive, de aspectos não humanos ligados à manutenção de um estado de estabilidade ecológica propícia à sadia qualidade de vida, uma abordagem complexa dos riscos poderia diminuir os elevados níveis de incerteza.

A problematização acerca da necessidade de serem estabelecidas práticas decisórias inclusivas, que levem em consideração o maior número de variáveis possíveis e se pautem na regra do bem comum a todos os seres que contribuem para a manutenção do equilíbrio ecológico e a todos os humanos, das atuais e futuras gerações, passa pela correta noção do papel que o componente risco adquiriu na modernidade tardia. Tal exercício, todavia, requer maior cuidado com os riscos tidos como não culturais ou antrópicos, que passam despercebidos, parecem não estar em jogo, tampouco, e aparentam constituir um dos fatores inerentes às sociedades atuais.

Tomando-se Beck como exemplo, verifica-se que o autor formula as seguintes teses sobre a natureza dos riscos: a invisibilidade dos riscos permite aos cientistas e políticos minimizá-los ou dramatizá-los; os riscos relativizam as posições de classes; os riscos da modernização não contradizem a lógica da valorização do capital; a consciência tem papel fundamental na percepção dos riscos; a sociedade de risco é uma sociedade catastrófica, em que o estado de emergência ameaça tornar-se o estado normal.

Beck (1998) afirma que as sociedades industriais, por submeterem ou incluírem a natureza no sistema industrial, acabaram por interiorizá-la, alçando-a de fenômeno exterior (logo, dado) para um fenômeno interior (logo, produzido). Esse processo, denominado fim da natureza externa, reflexamente ocasiona três consequências. A primeira diz respeito ao fim da natureza intocada e livre da influência humana, compreendida como um sistema natural. A segunda tem relação com o término da natureza entendida como um processo natural, influenciada por processos científicos e tecnológicos. Por fim, a última é concernente à subjugação e ao aperfeiçoamento da natureza por meio de técnicas biotecnológicas (MATTEDI, 2002).

Dessa forma, uma análise adequada dos riscos que o avanço tecnológico vem acrescentando ao sistema global como um todo requer, além das abordagens culturais, sistêmicas, fenomenológicas e autocríticas sociais, uma que privilegie os impactos – presentes e futuros; imediatos e mediatos; concretos e possíveis – das

atuais formas de organização social sobre o meio ambiente natural. A ecologia natural<sup>4</sup> pode contribuir significativamente para um melhor entendimento dos riscos como um todo e dos ecológicos, em especial.

## 2. Contribuições para uma teoria ecológica do risco

Em regra, os riscos ecológicos vêm sendo tratados a partir de estratégias adotadas pelas ciências sociais – por meio da categoria sociocultural risco – como elemento intrínseco às sociedades atuais. No campo jurídico, o risco integra a base conceitual que orienta a formulação e a aplicação do direito ambiental como instrumento apto a equacionar os problemas oriundos dos estágios atuais de organização socioeconômica. O problema de tais estratégias é que elas nem sempre possibilitam uma abordagem ecossistêmica acerca dos riscos.

Por ser conceituada por Ramon Margalef (2005) como a biologia dos ecossistemas – que não tem como referência teórica o conjunto de átomos, moléculas e células, mas sim o nível de organização cujos elementos constitutivos essenciais são indivíduos de distintas espécies – e por ter como objeto de estudo a forma de

---

<sup>4</sup> Utiliza-se o termo “ecologia natural” para diferenciá-la da ecologia humana. A palavra ecologia ganhou uma acepção propriamente científica pelo biólogo alemão Ernst Haeckel em 1866. Haeckel (1866 *apud* DAJOS, 2005, p. V) propôs, em *Generelle Morphologie der Organismen*, o termo “ecologia” para referir-se à “ciência das relações dos organismos com o mundo exterior, no qual podemos reconhecer de modo mais amplo, os fatores da luta pela existência. Estes são, em parte, de natureza inorgânica; são, como vimos, de maior importância para os organismos forçados a adaptar-se. Entre as condições de existência de natureza inorgânica às quais todo organismo deve submeter-se encontram-se, em primeiro lugar, as características físicas e químicas do hábitat, o clima (luz, temperatura, umidade e eletrização da atmosfera), as características químicas (alimentos não orgânicos), a qualidade da água, a natureza do solo etc. Sob a denominação de condições de existência, compreendemos o conjunto de relações dos organismos uns com os outros, quer se trate de relações favoráveis ou desfavoráveis. Todo organismo tem amigos e inimigos entre os outros organismos, que favorecem sua existência ou a prejudicam. Os organismos que servem de alimentos aos outros ou que vivem às custas deles como parasitas também devem ser colocados na categoria de condições de existência [...]” A partir do início do século XX a ecologia passou a ser reconhecida como um campo científico distinto. No início, era claramente dividida em linhas taxonômicas: ecologia animal, ecologia vegetal, ecologia aquática, ecologia terrestre, todavia, com os trabalhos de Frederick E. Clements e de Victor Shelford sobre comunidade biótica, de Raymond Lindeman e G. Evelyn Hutchinson acerca de cadeias alimentares e ciclagem material e de Edward A. Birge e Chauncy Juday a respeito de lagos inteiros, consolidou-se, a partir de 1930, uma teoria básica da ecologia, denominada ecologia geral (ODUM, 1988, p. 3). O crescimento rápido da ecologia se deu a partir da década de 1960, com a emergência de novos conceitos e tecnologias. Desde então, a ecologia criou pontes com a genética, a biogeografia, a ciência da evolução, a paleoecologia, o estudo do comportamento e tantas outras ciências (DAJOZ, 2005, p. VI). Nos últimos anos, impulsionada pela incessante crise ambiental, a ecologia tornou-se uma das ciências mais importantes para o homem, por justamente deter melhores condições de oferecer respostas às questões mais significativas para a continuidade da vida no planeta.

organização dos elementos que compõem os ecossistemas, quais as relações que estabelecem com o meio no qual se encontram inseridos, como o influenciam e são por este influenciados, a ecologia apresenta, na visão do citado autor, a vantagem de ser aglutinadora, de estar voltada à síntese (que une) e não à análise (que fragmenta).

Essas características epistemológicas possibilitam a realização de uma leitura ecológica do risco, com especial atenção aos efeitos desse componente sociocultural sobre o conjunto de relações, influências e interações de todas as ordens que compõem o macrobem ambiental e seus componentes (microbens ambientais). As teorias sociais do risco articulam esse componente em virtude de aspectos culturais, econômicos ou sociais e se preocupam com seu papel nas dinâmicas das sociedades humanas.

Já uma teoria ecológica sobre o risco deve partir dos seus efeitos sobre as dinâmicas dos ecossistemas. Há a possibilidade de se articular uma teoria desse porte a partir dos caracteres específicos de cada ecossistema ou de seus componentes, de cada conjunto de ecossistemas, de cada bioma ou de um ou mais conjuntos de biomas ou, ainda, considerando-se os níveis de organização ecossistêmica.<sup>5</sup> É viável, contudo, esboçar uma teoria ecológica dos riscos com base nas características gerais dos sistemas ecológicos.

---

<sup>5</sup> Para Dajoz (2005, p. V), os níveis de organização que interessam à ecologia são cinco: i) os organismos; ii) as populações e as comunidades; iii) as biocenoses e os ecossistemas; iv) as paisagens; e v) o conjunto da biosfera. Organismo ou indivíduo pode ser definido como a “unidade mais fundamental da ecologia, o sistema ecológico fundamental. Nenhuma unidade menor na biologia, como o órgão, célula ou molécula tem uma vida separada no ambiente (embora no caso dos protistas e bactérias unicelulares, célula e organismo sejam sinônimos). Cada organismo é limitado por uma membrana ou outra cobertura através da qual ele troca energia e matéria com seus arredores. Esta fronteira separa os processos e estruturas ‘internos’ do sistema ecológico – neste caso um organismo – dos recursos e condições ‘externos’ da circunvizinhança” (RICKLEFS, 2003, p. 2). Organismos da mesma espécie que habitando uma área específica formam uma população (ART, 1998, p. 421). “Reserva-se o nome de comunidade ao conjunto de indivíduos pertencentes a várias espécies que coexistem em um mesmo meio e que formam conjuntos funcionais em interação uns com os outros” (DAJOZ, 2005, p. 176). A comunidade é conhecida também pelo nome de biocenose. “O termo “ecossistema” é usado para denotar a comunidade biológica junto com o ambiente abiótico em que ela está estabelecida. Assim, os ecossistemas normalmente incluem produtores primários, decompositores e detritivos, uma certa quantidade de matéria orgânica morta, herbívoros, carnívoros e parasitos mais o ambiente físico-químico que proporciona as condições para a vida e atua como uma fonte e um dreno para energia e matéria” (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007, p. 499). “Em ecologia, paisagem é definida como uma área heterogênea composta de um agregado de ecossistemas em interação que se repetem de maneira similar por toda a sua extensão. [...]. O bioma é um termo usado para um grande sistema regional ou subcontinental caracterizado por um tipo principal de vegetação ou outro aspecto identificador da paisagem” (ODUM; BARRET, 2007, p. 5). A Floresta Amazônica é um exemplo

Muito embora possa pecar pela generalização – quando comparada com os estudos mais específicos sobre a organização de cada ecossistema, individualmente tomado –, uma teoria mais abrangente possibilitaria o estabelecimento de padrões gerais de proteção do meio ambiente natural e poderia ser aplicada de forma conjunta e subsidiária a teorias específicas que procuram verificar as particularidades de cada ecossistema quando houver dados suficientes sobre esse nível de organização ecológica.

Apesar de partir de critérios, leis e princípios da ecologia natural, a teoria ecológica do risco não se sobrepõe às sociais, pelo contrário, as complementa e por elas é complementada, na medida em que oferece e recebe subsídios para – e das – teorias sociais do risco. Dessa forma, é viável, estruturar um aporte teórico que dê conta de tratar o risco a partir da ecologia natural.

## 2.1. Risco e dinâmica dos ecossistemas

O meio natural não se organiza aleatoriamente, já que os fatores abióticos afetam e são afetados pela biocenose. Ainda que se devam resguardar as complexidades, as variações e as características ímpares de cada ecossistema, determinadas leis lhes são comuns. Dentre essas, destaca-se aquela que informa que os diversos níveis de organização biológica buscam manter-se em equilíbrio. O termo “equilíbrio ecológico” soa estranho para a ecologia. Sua utilização, no presente trabalho, se deve, em primeiro lugar, à filiação deste às ciências sociais e humanas e, principalmente, à reverência aos principais textos político-jurídicos relacionados ao meio ambiente.

No preâmbulo da Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano de 1972, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, reunida em Estocolmo de 5 a 16 de junho de 1972, dentre outras considerações, proclamou que: “*We see around us growing evidence of man-made harm in many regions of the earth: dangerous levels of pollution in water, air, earth and living beings; major and undesirable disturbances to the ecological balance of the biosphere*” (ONU, 1972). O trecho corresponde, em língua portuguesa, ao seguinte: “Em nosso redor vemos multiplicar-se as provas

---

de bioma. Biosfera ou ecosfera é “o sistema biológico maior e mais perto da auto-suficiência, [...], que inclui todos os organismos vivos da Terra interagindo com o ambiente físico como um todo para manter um estado pulsante de auto-ajuste fracamente controlado” (ODUM; BARRET, 2007, p. 6). A biosfera também é conhecida como a “Parte do planeta capaz de sustentar a vida. Vai desde elevações de aproximadamente 10.000 metros acima do nível do mar até o fundo do oceano, e algumas centenas de metros abaixo da superfície da Terra. A biosfera consiste na hidrosfera, a atmosfera mais baixa (troposfera), e na superfície da litosfera, que são habitados por organismos metabolicamente ativados” (ART, 1998, p. 60).

do dano causado pelo homem em muitas regiões da terra, níveis perigosos de poluição da água, do ar, da terra e dos seres vivos; grandes transtornos ao equilíbrio ecológico da biosfera”. A locução *ecological balance* é traduzida como equilíbrio ecológico.

Como os processos de constitucionalização do meio ambiente foram influenciados pelos textos das Declarações de Estocolmo de 1972 e da do Rio de 1992, as Constituições dos países que passaram a inserir a problemática ambiental, a partir da década de 1970, em seus textos constitucionais, principalmente os de línguas romanas, acabaram adotando a expressão “equilíbrio ecológico” para indicar um meio ambiente hígido, em condições propícias para uma vida saudável. Conforme Benjamin (2007):

Nessa evolução acelerada, numa primeira onda de constitucionalização ambiental, sob a direta influência da Declaração de Estocolmo de 1972, vieram as novas Constituições dos países europeus que se libertavam de regimes ditatoriais, como a Grécia (1975), Portugal (1976) e Espanha (1978). Posteriormente, num segundo grupo, ainda em período fortemente marcado pelos padrões e linguagem de Estocolmo, foi a vez de países como o Brasil. Finalmente, após a Rio-92, outras Constituições foram promulgadas ou reformadas, incorporando, expressamente, novas concepções, como a de desenvolvimento sustentável, biodiversidade e precaução (BENJAMIN, 2007, p. 61-63).<sup>6</sup>

O vocábulo *balance* é traduzido pelos dicionários como “equilíbrio” e “estabilidade”. Dessa forma, *ecological balance* corresponde, na língua portuguesa, a “equilíbrio ecológico” ou a “estabilidade ecológica”.<sup>7</sup>

Edouard Goldsmith (1996, p. 181, grifos do original) adverte sobre o equívoco de se tomar estabilidade ecológica como sinônima de equilíbrio ecológico:

---

<sup>6</sup> “Todos têm direito a um ambiente de vida humano, sadio e ecologicamente equilibrado e o dever de o defender” (Artigo 66, da Constituição portuguesa). “Todos tienen el derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo [...]” (Artigo 45, da Constituição espanhola). “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Artigo 225, da Constituição brasileira). “Chacun a le droit de vivre dans un environnement équilibré et favorable à sa santé” (Artigo 1.º da Charte de l’environnement). “Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo” (Artigo 41 da Constituição argentina) (BENJAMIN, 2007, p. 61-63; PRIEUR, 2004, p. 65).

<sup>7</sup> “Balance n 1 equilíbrio. 2 estabilidade de corpo e mente. 3 comparação, estimativa, balanço. 4 harmonia, proporção. 5 continuidade, estabilidade” (DICIONÁRIO MICHAELIS, 2000, p. 53). “Balance s. balanço, [...]; equilíbrio, estabilidade; [...]” (HOUAISS, 2003, p. 56).

Chama-se por vezes erradamente “equilíbrio” à estabilidade manifestada pelos seres vivos. Este termo só se aplica em rigor aos estados físico-químicos relativamente simples, nos quais as diversas forças em jogo se compensam umas às outras. A homeostasia é, na realidade, um estado muito mais complexo. Não se trata de “um estado determinado e imóvel, uma estagnação”, mas de “uma situação dinâmica”. Além disso, “os processos fisiológicos coordenados” necessários para a manterem “são complexos e particulares aos seres vivos – implicam na ocorrência que as diferentes partes do cérebro, o sistema nervoso, o coração, os pulmões, os rins e o pâncreas cooperem”.

O equívoco pode estar relacionado às influências exercidas pelo paradigma científico moderno, pautado na transformação, e à ausência de conhecimento sobre os mecanismos de regulação da biocenose.

Os seres vivos se autoconstroem por meio de estruturas complexas comunicativas, a partir de um determinismo interno autônomo, se reproduzem, ou seja, têm o poder de reproduzir e transmitir *ne varietur* a informação correspondente às suas estruturas, são conservadores e transmitem uma considerável estrutura de informações de uma geração para outra. Para tanto, os seres vivos são dotados de três características singulares: a teleonomia, a morfogênese autônoma e a invariância reprodutiva (MONOD, 1989).

O grande projeto dos seres vivos (teleonomia) é a conservação e a multiplicação da espécie. Para tanto, valem-se de mecanismos morfogênicos que garantem às gerações seguintes um conteúdo específico de invariância reprodutiva. O projeto teleonômico essencial é o que consiste na transmissão, de uma geração à outra, do conteúdo de invariância característico da espécie. “Todas as estruturas, todas as performances, todas as atividades que contribuem para o sucesso do projeto essencial” constituem as estruturas teleonômicas (MONOD, 1989, p. 25). A teoria teleonômica de Monod, confrontada com a da autopoiese de Maturana (1996), permite a conclusão de que os seres vivos são conservadores. No momento em que, por fatores externos, são instados à mudança, autoproduzem-se de dentro para fora, a evolução ou a adaptação às novas condições acontecerá a partir e de acordo com a carga genética do ser.

O fato de os organismos vivos serem verdadeiros sistemas cibernéticos autorregulados, “capazes de conservarem por si próprios a sua estabilidade”, e a impossibilidade de se cogitar os sistemas ecológicos sem a presença da biocenose, fazem com que a estabilidade – e não a transformação – seja a característica essencial do mundo vivo (GOLDSMITH, 1996).

A diferença entre equilíbrio e estabilidade decorre, assim, da própria morfologia dos ecossistemas que, dadas as suas conformações, não são estáticos e, portanto, apresentam um equilíbrio dinâmico – termo que consegue traduzir a

alteração da estabilidade ecossistêmica no tempo –, o qual é alcançado pela atuação de mecanismos ou sistemas de controle, baseados em homeostase e homeorese. Assim, a compreensão da dinâmica de regulação dos ecossistemas, que depende da conjunção de mecanismos homeostáticos e homeoréticos, é uma das premissas para a estruturação de uma teoria ecológica dos riscos.

### **2.1.1. Homeostase, homeorese e a regulação dos ecossistemas**

Homeostase é a capacidade de os organismos manterem suas condições internas equilibradas independentemente das alterações do ambiente no qual se encontram inseridos. “É a habilidade de uma célula ou organismo de manter um ambiente interno constante, um equilíbrio de condições como a temperatura interna ou o conteúdo de processos fisiológicos (retroalimentação negativa) e ajustamentos às mudanças no ambiente externo” (ART, 1998, p. 285). A homeostase se dá pela atuação de sistemas de realimentação ou retroalimentação, os quais procurarão, a partir de informações obtidas de quimiostatos e termostatos, por meio da atuação de mecanismos internos específicos, restabelecer os sistemas em níveis funcionais desejados.

Os mecanismos de retroalimentação negativa incluem sensores e chaves, tal como acontece com o sistema de regulação da temperatura interna dos humanos. Nesse sistema, o hipotálamo, que atua como um termostato, compara a temperatura do corpo com um valor pré-estabelecido. Caso esta diminua o ponto de viragem (37 °C), envia um sinal hormonal ou neural para os órgãos corporais aquecedores, que aumentam o metabolismo (ou tremor), o calor produzido pelo tremor causa aumento da temperatura corporal. Quando o valor estabelecido é alcançado, o sistema é desligado (RICKLEFS, 2003).

Os sistemas que operam a partir de retroalimentações positivas tendem a amplificar o nível daquilo que está sendo monitorado, tal como acontece em processos inflacionários econômicos ou em juros compostos. Nesses sistemas, um aumento causa um aumento adicional e uma diminuição causa uma diminuição adicional. Ao contrário da negativa, a retroalimentação positiva acelera o desvio e é, sem dúvida, necessária para o crescimento e a sobrevivência dos organismos (ODUM, 2007).

O termo “homeostase” deriva da aplicação à biologia de sistematizações provenientes da cibernética – ciência que tem por objetivo estudar os “sistemas de comunicação e controle em sistemas nervosos biológicos e máquinas para compreensão posterior de ambas” (ART, 1998, p. 1998). Os conceitos de retroalimentação negativa e positiva são, da mesma forma, dela provenientes.

A cibernética, surgida no início do século XX como uma derivação aplicada da teoria dos sistemas, é classificada em cibernética de primeira e segunda ordem. A cibernética de primeira ordem entende os sistemas abertos e fechados, fundamentando-se nas propriedades homeostáticas e adaptativas e no estudo do equilíbrio que dá conta da estabilidade. Esse momento ainda se encontra preso à ideia de que a evolução de um sistema está ligada a leis gerais.

Já a cibernética de segunda ordem está centrada na capacidade de auto-organização e na análise das propriedades intrínsecas dos sistemas, a natureza dos processos de interação entre seus elementos, os estados de instabilidade e os processos de mudanças, a assimilação do ruído por necessidade ou acaso na evolução a partir da autopoiese, a transferência de calor estudada pela termodinâmica como comunicação entre os organismos, definindo a realidade como domínio do linguístico por meio de processos recursivos de construção desta. Esses estudos também têm sido denominados como paradigma da complexidade.

A ideia de cibernética advém das analogias feitas entre máquinas artificiais e organismos vivos a partir da obra de Wiener (1971) e da introdução das ideias de circularidade que, baseada na informação e na retroação – encadeamentos causais circulares –, permitiu explicar um bom número de regulações biológicas que se agrupam definindo a homeostase do sistema, mantendo um funcionamento fisiológico constante, explicando a interação dinâmica de seus componentes. Os organismos vivos, ao interagirem com outros sistemas circundantes, recebem e enviam informações retroativas, como *feedback* positivo ou negativo, que alteram ou mantêm o estado e a evolução do sistema.

Enquanto a cibernética de primeira ordem busca analisar o funcionamento dos sistemas à parte do observador, a cibernética de segunda ordem atenta para o observador (diretor) que cria e estabelece distinções com a realidade, dando ênfase à inclusão e à participação do observador no sistema, a partir da autorreferência, dos processos recursivos e da construção da realidade (BOSCOLO, 2000).

Os processos recursivos podem ser definidos por distintas formas de circularidade, que facilitam níveis de reflexividade. Uma delas é a circularidade lógica que, a partir da separação entre operados e operadores, mantém processos e resultados em níveis diferentes. A segunda forma define a circularidade como fechamento operacional, que estabelece a impossibilidade de descrever um sistema em termos de *inputs* e *outputs*, mas entendê-lo como constituído pelas próprias ações, em que todas as significações de seu mundo são inseparáveis de suas próprias ações e não decorrem exclusivamente de influências externas (VARELA, 2000).

Os sistemas de controle automáticos – retroalimentados – feitos pelo homem, também conhecidos como servomecanismos, que podem ser mecânicos, pneumá-

ticos, elétricos, eletrônicos, óticos, eletromecânicos, mecatrônicos, entre outros, são facilmente compreendidos pela cibernética de primeira ordem, já que todos são teleológicos – projetados e construídos para um determinado fim, apresentando entradas e saídas definidas e mecanismos de controle externos, por meio de pontos de ajuste específicos, pelos quais serão determinadas as faixas de operação de, por exemplo, uma linha de produção, uma máquina etc. que se pretende controlar (ODUM; BARRET, 2007). Esses mecanismos atuarão a partir da medição de um determinado parâmetro, geralmente referente à saída de um dado sistema, o qual, ao ser comparado com a variável ajustada, fará com que os níveis de materiais e energias utilizadas sejam aumentados ou diminuídos, possibilitando, dessa maneira, a correção da distorção percebida.

Não obstante estudos mais recentes realizados por Atlan (1992), Maturana (1996), Monod (1989), Prigogine e Stengers (1991), entre outros, questionarem a pertinência de serem estabelecidas análises lineares para processos biológicos complexos, em sistemas de controle biológicos de níveis ecológicos situados abaixo dos organismos e deste, inclusive, os processos de regulações – homeostases – podem ser explicados pela cibernética de primeira ordem, pois, apesar de estarem sujeitos a controle externo, já que o ponto de viragem é geneticamente estabelecido, apresentam entradas e saídas aparentemente definidas.

Todavia, a cibernética de primeira ordem não se presta ao estudo de sistemas ecológicos situados em níveis organizacionais mais complexos (populações, comunidades, ecossistemas, paisagens, biomas, esfera).

A partir da constatação de que a natureza não conta com termostatos e quimiostatos que irão desencadear uma série de reações em sistemas abertos e ultrapassam, por exemplo, a membrana de um organismo, Odum e Barret (2007, p. 68) entendem que “a interação entre os ciclos materiais e os fluxos de energia, bem como as retroalimentações de subsistemas em grandes ecossistemas, geram homeose autocorretiva (*rhexis* = fluxo ou pulso)”.

Nesses níveis de organização, o controle por realimentação apresenta-se mais frouxo, resultando em estados pulsantes em vez de estáveis, ou seja, o equilíbrio apresenta-se desequilibrado – ou estável –, os mecanismos de controle não atuam de forma linear tanto na acepção temporal quanto na espacial.

Os componentes dos ecossistemas estão, por outro lado, dispostos de forma difusa, acoplados em redes por meio de sistemas comunicativos e mensageiros que são análogos, embora menos visíveis quando comparados aos sistemas nervosos ou hormonais dos organismos. Tais componentes procuram manter os sistemas alterando-os da mesma maneira como alteravam no passado, incluindo desde subsistemas microbianos, responsáveis pela armazenagem e liberação de

nutrientes, mecanismos comportamentais, até subsistemas predador-presa, que controlam a densidade populacional, por exemplo (ODUM; BARRETT, 2007).

Algumas considerações mostram-se necessárias, pelo menos para os fins do presente trabalho, quando são confrontados sistemas de controle baseados na homeose com os homeostáticos. A primeira está relacionada ao dispêndio energético. A homeostase é custosa, requer trabalho e energia, já a homeose não necessariamente. Para que as condições internas de um indivíduo sejam mantidas dentro de parâmetros regulares, as taxas metabólicas exigidas alterar-se-ão em função do gradiente entre os ambientes externo e interno. Exemplificando, quanto mais extrema a temperatura exterior, maior será o trabalho metabólico exigido para que um indivíduo endotérmico sobreviva naquele ambiente (RICKLEFS, 2003).

Em ecossistemas, por outro lado, causas de baixa energia produzindo efeitos de alta energia são onipresentes. Por exemplo: insetos minúsculos, conhecidos como *Hymenoptera parasita*, representam uma porção muito pequena (geralmente menos de 0,1%) do metabolismo total da comunidade de um ecossistema de campo, porém eles podem ter um grande efeito controlador no fluxo de energia primária total (produção) por conta do impacto de seu parasitismo sobre insetos herbívoros (ODUM; BARRETT, 2007).

Outro aspecto a ser considerado está relacionado aos pontos de viragem que determinarão o equilíbrio de um sistema. Enquanto os organismos apresentam pontos fixos, os ecossistemas, além de possuírem “mais de um estado de equilíbrio, frequentemente retornam a um equilíbrio diferente após uma perturbação” (ODUM; BARRETT, 2007, p. 69).

Essas características condicionam a atuação de sistemas homeostáticos, cuja eficiência dependerá do nível de perturbação a que é submetido, e, em sistemas de regulação frouxa – homeose –, possibilitam que os ecossistemas se alterem no tempo ou se auto-organizem a partir de novas feições em processos de sucessão ecológica quando submetidos a perturbações estocásticas. Como revela Margalef (2005, p. 68):

Por outra parte, a organização do ecossistema é aberta, heterogênea e submetida a inúmeras alterações não previsíveis provenientes da própria organização do ecossistema. Por todas estas razões, as mudanças que experimentam através do tempo resultam de uma união indissolúvel entre o aleatório e o determinado; trata-se de um processo de auto-organização perturbado de maneira corriqueira por acontecimentos imprevisíveis e, com frequência, irreproduzíveis.

Além dos sistemas de regulação, que determinarão o equilíbrio dinâmico nos ecossistemas, fatores como a resistência, a resiliência e a redundância atuam para que estes se mantenham estáveis.

## 2.1.2. Relações entre a resistência, a resiliência e a redundância com a estabilidade ou o equilíbrio dinâmico dos ecossistemas

O vocábulo estável comumente é utilizado para designar aquilo que pode ser qualificado como firme, sólido, permanente, duradouro, já o equilíbrio é resultado de duas forças que se anulam. Em ecologia, estabilidade adquire acepção diferenciada: ora é definida em função da habilidade de um ecossistema em resistir à mudança, mantendo sua estrutura e função intactas, quando confrontado por uma perturbação, ora em função da capacidade de um sistema de se recuperar quando é rompido por alguma perturbação.

Para Odum (1988), a resistência e a resiliência são faces diferenciadas da estabilidade, não se confundindo. Além disso, um número cada vez maior de evidências tem demonstrado que esses dois tipos de estabilidade podem, em diversas situações, ser mutuamente excludentes.<sup>8</sup>

Uma floresta de sequoia sempre-verde na Califórnia é bastante resistente ao fogo, mas, caso venha a ser destruída por queimadas, recuperar-se-á muito lentamente ou, talvez, nunca. Tal ecossistema apresenta alto grau de resistência e baixa resiliência. Em contrapartida, a vegetação de chaparral da Califórnia se queima com facilidade e se recupera rapidamente (baixa resistência e alta resiliência). Como regra geral, pode-se esperar que ecossistemas em locais físicos

<sup>8</sup> Opta-se pela abordagem da estabilidade baseada na distinção entre estabilidade por resistência e estabilidade por resiliência, conforme proposta de Eugene Odum, por entender-se ser mais judiciosa. Todavia, como ressalta Goldsmith (1994, p. 167-169): “Em ecologia, uma das dificuldades do termo estabilidade reside no facto de se revestir de um sentido diferente para cada corrente de pensamento. Eugene Odum distingue duas formas de estabilidade. A primeira é a estabilidade por resistência [...], a segunda, a estabilidade por resiliência. [...]. G. H. Orians, que distingue nada menos do que sete tipos de estabilidade, procede a uma distinção análoga ente inércia, ou capacidade para um sistema de resistir às perturbações exteriores, a amplitude, que define como o intervalo de estabilidade de um sistema (a medida em que este último pode afastar-se de um estado anterior enquanto permanece capaz de o recuperar), conceito muito vizinho do da estabilidade por resiliência de Odum. O ecologista C. S. Holling recusa-se a admitir que a estabilidade por resistência de Odum ou a inércia de G. H. Orians sejam boas estratégias de sobrevivência visando aquilo a que ele chama a persistência. Para Holling, com efeito, um equilíbrio estável é o que corresponde a um estado de equilíbrio após uma perturbação temporária e com o mínimo de flutuações possível. Incluem-se, em semelhante categoria, aqueles de entre os seres vivos que não se transformam de há muito tempo. São seres vivos que se revelam extremamente vulneráveis às modificações do meio ambiente e que, por isso, não podemos considerar persistentes. Não parece dar-se conta da ironia que há em classificar na categoria dos não persistentes certos caranguejos primitivos com a limula, que não se transforma há 500 milhões de anos, ao mesmo tempo que é classificada como persistente uma espécie resiliente, como a mosca da fruta, que varia a todo o momento. [...] Segundo creio, a concepção de estabilidade de Holling é de se rejeitar. [...]. A distinção operada por Holling entre a estabilidade e resiliência assenta, segundo afirma Waddington, numa confusão entre dois tipos diferentes de estabilidade”.

propícios apresentem mais estabilidade de resistência e baixa capacidade de resiliência. O contrário vale para ecossistemas localizados em ambientes físicos incertos (ODUM; BARRET, 2007).

A redundância possibilita que funções de um determinado sistema permaneçam estáveis, não por controles cibernéticos, mas pela compensação entre diferentes componentes funcionais de um sistema, como, *v.g.*, ocorre em ecossistemas que apresentam várias espécies de autótrofos com faixas operacionais flutuantes em função da temperatura. Assim, independentemente da faixa de temperatura, a taxa de fotossíntese da comunidade permanecerá estável (ODUM, 1988).

Em resumo, a estabilidade de um ecossistema é resultado da atuação em rede de sistemas de regulação homeostáticos e difusos, da resistência e da resiliência apresentadas pelo ecossistema e, ainda, de mecanismos de compensação entre seus componentes para que as taxas funcionais permaneçam estáveis independentemente de alterações externas. Esses fatores são afetados e tendem a alterar-se em função do espaço físico, do local onde a biocenose vive (biótopo) e do tempo – já que a evolução dos indivíduos, das populações, das comunidades e dos ecossistemas deve ser também considerada.

Tal constatação leva Ricklefs (2003, p. 13) a afirmar: “Os sistemas ecológicos existem em estados estacionários dinâmicos, trocando energia ou matéria com as suas redondezas, mas, apesar disso, mantendo suas características constantes”.

O equilíbrio dinâmico condiciona a análise dos efeitos dos riscos sobre os ecossistemas e possibilita a construção de uma teoria ecológica dos riscos que leve em consideração as dinâmicas das relações e das interações do macrobem ambiental sem descuidar-se das características específicas dos microbens que o integram.

Guardadas as especificidades de cada nível de organização ecossistêmica, seria inviável, sob o aspecto metodológico, encetar uma teoria capaz de tratar de forma generalista dos riscos ecológicos. Porém, o tratamento dos riscos gerados pelas atividades humanas sobre a qualidade do meio ambiente poderia ser trabalhado a partir de alguns parâmetros epistemológicos, teórico-políticos, jurídicos e políticos a serem determinados pela teoria ecológica dos riscos.

## **2.2. Parâmetros epistemológicos, teórico-políticos, jurídicos e políticos sobre o risco a partir do equilíbrio dinâmico**

No campo epistemológico, a teoria ecológica dos riscos reclama a superação do modelo moderno de ciência pela adoção de paradigmas emergentes, baseados na percepção da complexidade dos fenômenos (MORIN, 2002).

Para Keitel, Pereira e Berticelli (2012), o enfrentamento das diversas crises que atualmente vagam sobre o planeta e a humanidade passa pela desconstrução das reduções e pela construção de novas formas de pensar o mundo, a vida, estabelecendo a reconstrução das cesuras criadas pela fragmentação imposta pela ciência clássica e pela complexificação do pensamento, nos mais diferentes campos do conhecimento. Os autores sintetizam, no seguinte quadro, as mudanças conceituais que definem as visões de mundo que possibilitam a superação das fragilidades dos modelos modernos de ciência:

Quadro 1: Ciência clássica e ciência da complexidade – comparação dos paradigmas fundantes

	<b>Ciência Clássica</b>	<b>Complexidade</b>
Mundo	Mecânico, definido por leis gerais.	Distintos mundos. Sistemas mecânicos e sistemas dinâmicos.
Realidade	Regularidade e equilíbrio. Dualidade. Ordem como processo de organização.	Regularidade e instabilidade são complementares. Holística. Ordem /desordem/novos níveis de organização.
Trajectoria	Definida a partir de condições iniciais.	Somente em sistemas mecânicos é possível definir trajetórias. Sistemas dinâmicos: em alguns é possível definir possibilidades em curto prazo, além disso, as estruturas dissipativas estão à mercê do acaso e têm a capacidade de auto-organização a partir do caos.
Leis de movimento	Definição de leis gerais, busca das variáveis que causam o movimento (determinismo linear).	Sistemas dinâmicos, principalmente as estruturas dissipativas funcionam a partir de correlações linguísticas (determinismo recíproco).
Sujeito Objeto	Dissociação. Sujeito acima do objeto. Dissociação ciências físicas e ciências humanas.	Sujeito e objeto imbricados pelo linguajar. Ciências humanas e ciências físicas como um campo de ressonâncias.
Pesquisa	Generalização e universalização. Problemas disciplinares com recortes restritos a partir do recorte teórico da especialidade.	Regionalização e localização. Interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, buscando as diferentes dimensões da realidade.
Tempo	Linear, cronológico, causal.	Irreversível, à mercê do acaso e da necessidade gerando desordem e a partir disto organizações mais complexas.

Identidade	Fixa. O sujeito é. Os organismos são autônomos.	Contínuo processo de produção de si mesmo. O sujeito precisa se autoproduzir constantemente sob pena de perda de identidade, estando em constante produção. O sujeito está sendo. A autonomia depende de uma ecologia. Auto/eco/organização.
------------	--	---

Fonte: KEITEL; PEREIRA; BERTICELLI, 2012, p. 144.

No campo teórico-político, a teoria ecológica dos riscos repousa na afirmação e na valorização da ciência de impacto e na adoção de políticas e mecanismos que vinculem a realização da ciência de produção e a transferência de tecnologia ao financiamento da ciência de impactos.<sup>9</sup> Com isso, não se está infirmo a importância tampouco engessando a ciência da produção, advoga-se apenas pela necessidade de esta cumprir com sua função social. A ciência deve estar atenta ao futuro da humanidade e do planeta, não somente ao seu futuro.

Na seara jurídica, a teoria ecológica dos riscos reclama a ressignificação dos princípios do direito ambiental a partir dos aportes da ecologia natural e a atualização de instrumentos jurídicos e de governança ambiental, tais como as avaliações e os estudos de impacto ambiental, o zoneamento e o licenciamento ambiental.

A superação do antropocentrismo e do etnocentrismo pela ecologização do direito é a garantia do futuro do próprio direito. Para tanto, os princípios que informam o direito ambiental precisam ser interpretados conforme as características do que deve ser protegido, de suas dinâmicas, generalidades, particularidades e complexidades.<sup>10</sup>

Os instrumentos jurídicos e de governança, muitos dos quais inseridos no parágrafo 1º do artigo 225 da Constituição Federal, na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente e na legislação esparsa, devem ser utilizados, antes de tudo,

<sup>9</sup> Kenneth Gould, Allan Schaiberg e David Pellow (2008) diferenciam a ciência da produção da ciência de impacto em função de a primeira estar voltada para a geração de lucro econômico, enquanto a segunda, para a solução dos problemas socioambientais ocasionados pela primeira.

<sup>10</sup> Pode-se exemplificar a proposta ressignificativa dos princípios do direito ambiental pela ecologia natural tomando-se por base o princípio do equilíbrio – dinâmico – ecológico como direito fundamental. O alcance da expressão: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado”, expressa no artigo 225 da Constituição Federal de 1988, é interpretada em razão dos destinatários do direito conferido serem seres humanos. Olvida-se, contudo, que a “dinamicidade do equilíbrio natural, fruto de regulações baseadas na homeostase e na homeose, que, juntamente com características próprias de cada ecossistema, tais como a resistência, a resiliência e a redundância determinam a sua estabilidade, fazem com que a expressão ‘todos’, muitas vezes relegada a um segundo plano em processos interpretativos, adquira importância, na medida em que todos os indivíduos e componentes de um ecossistema são significativos para que este se

como ferramentas de proteção, recuperação e melhoria da qualidade ambiental, atendo-se, sempre, às especificidades do macrobem e dos microbens que, por meio de suas especificidades, contribuem para a manutenção da estabilidade ambiental, não apenas como meios que possibilitem crescimento econômico vinculado à proteção ambiental.

No campo do político, a teoria dos riscos ecológicos impõe alterações nos processos e nos espaços de decisão acerca da assunção dos riscos, por meio de uma reinvenção na democracia e da abertura à participação não somente dos que viabilizam seus interesses, mas, também, daqueles comprometidos com a isonomia e a isegoria ambientais. As providências tornariam os espaços decisórios menos excludentes e mais abertos ao futuro e à viabilização da sadia qualidade de vida.<sup>11</sup>

Aplicada à governança de riscos, por fim, tal teoria permitiria uma melhor compreensão de seus possíveis efeitos sobre os ecossistemas e seus componentes e um questionamento acerca da abertura de processos decisórios que envolvam riscos de extrema incerteza, bem como para fundamentar aportes teóricos sobre os efeitos do avanço dos riscos das novas tecnologias sobre os direitos humanos, principalmente os relacionados com a sanidade do meio ambiente.

---

mantenha estável. Dessa forma, ao sentir de Benjamin (2007, p. 107): ‘Na verdade, o equilíbrio ecológico, no sentido utilizado pela Constituição, antes de ser estático, é um sistema dinâmico [...]’ acrescente-se: e que, ao mesmo tempo, encontra-se inexoravelmente atrelado à atuação de todos os seus elementos, não podendo um prescindir do outro. E esta percepção se impõe ao atual intérprete ao estabelecer o conteúdo do princípio do meio ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental” (PEREIRA; WINCKLER; FRANCO, 2008, p. 135).

<sup>11</sup> Em relação ao zoneamento ambiental, por exemplo, Pereira e Winckler (2008, p. 207) defendem a elaboração de um macro zoneamento ecológico-social-econômico, “instrumento hábil à implementação de um modelo de desenvolvimento sustentável que se encontra pautado nos princípios da prevenção e da precaução, bem como, possibilita a implantação de atividades econômicas em áreas e regiões que apresentem melhores condições para tanto, salvaguardando aquelas que detenham maior importância ecológica. Deve ser, contudo, observado que a realização de um macrozoneamento que venha a dar conta de todo o território nacional é medida que requer um profundo conhecimento acerca das características singulares de cada região e somente poderá ser efetuado se contar com a participação de todos os atores sociais. Neste sentido adquire relevância, juntamente com o conhecimento técnico das mais diversas áreas acerca de cada bioma, o saber ambiental. Por fim, um planejamento participativo, nos moldes preconizados pelo Estatuto das Cidades, que permita o diálogo entre os diversos saberes é medida que deveria nortear todas as modalidades de zoneamento ambiental”. Em relação à Avaliação de Impacto Ambiental, os autores entendem necessário estabelecer o confronto entre duas perspectivas: “o grau de nocividade do empreendimento ou da atividade e as características ambientais e sociais do ecossistema onde se pretende instalá-la” (PEREIRA; WINCKLER 2008, p. 213).

## Considerações finais

O artigo intenta lançar perspectivas diferentes para a abordagem científica e a governabilidade dos riscos socioambientais. O problema que originou o trabalho surgiu da constatação de que o direito ambiental não tem conseguido estabelecer critérios e mecanismos de governança capazes de conciliar o desenvolvimento econômico e técnico científico com a proteção de direitos ligados à higidez ambiental.

Longe de esgotar a temática, o texto acrescenta, às principais teorias sociais sobre o risco, elementos que viabilizam a estruturação de arquiteturas de governança voltados às especificidades das dinâmicas de regulação dos ecossistemas, que, em última análise, são imprescindíveis para o equilíbrio ecológico – dinâmico – e integram o que os autores do direito denominam de meio ambiente natural.

A regulação dos ecossistemas pela atuação interdependente de mecanismos de regulação (homeostase e homeorese) e pelas características que lhes são intrínsecas (resistência, resiliência, redundância, etc.), por proporcionar estabilidade e equilíbrio dinâmico aos diversos micróbios ambientais que, em conjunto, integram o macrobem, é fator decisivo a ser considerado na governança dos riscos.

A questão, como o último item do artigo sugere, demanda práticas decisórias e de governança ecológicas pautadas em critérios gerais, abertos à proteção do meio ambiente natural, e nas especificidades dos ecossistemas que podem vir a ser atingidos diretamente por atividades antrópicas geradoras de riscos.

## Referências

ART, Henry W. (Ed.). *Dicionário de ecologia e ciência ambiental*. Trad. Barros, Mary Amazonas Leite de. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

ATLAN, Henri. *Entre o cristal e a fumaça: ensaio sobre a organização do ser vivo*. Rio de Janeiro: Zahar, 1992.

BECK, Ulrich. *La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*. Trad. Jorge Navarro; Daniel Liménez; Maria Rosa Borrás. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1998.

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Trad.: Adriano Sanches Melo *et al.* 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

BENJAMIN, Antônio Herman. Direito constitucional ambiental brasileiro. In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato (Orgs.). *Direito constitucional ambiental brasileiro*. Rio de Janeiro: Saraiva, 2007, p. 57-130.

BOSCOLO, Luigi. A evolução do modelo sistêmico: da cibernética de primeira ordem à cibernética de segunda ordem. In: ELKAÏM, Mony (Org.). *Terapia familiar em transformação*. Trad. Camacho, Nicole. São Paulo: Summus, 2000, p. 92-96.

BRITO, Daniel Chaves de; RIBEIRO, Tânia Guimarães. A modernização na era das incertezas: crise e desafios da teoria social. *Ambiente e sociedade*, . Campinas, v. 6, n. 1, 2003.

- BRÜSEKE, Franz Josef. *A técnica e os riscos da modernidade*. Florianópolis: UFSC, 2001.
- MATURANA, Humberto. Biologia da autoconsciência. In: CAMPOS PELLANDA, Nize Maria; PELLANDA, Luis Ernesto Cabral (orgs.). *Psicanálise hoje: uma revolução do olhar*. Petrópolis: Vozes, 1996.
- DAJOS, Roger. *Princípios de ecologia*. 5. ed. Tradução: Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- DOUGLAS, Mary; WILDAVSKY, Aaron. *Risk and culture: an essay on the selection of technological and environmental dangers*. Los Angeles: UCLA Press, 1982.
- GARCIA, Maria da Glória F.D.P. *O lugar do direito na protecção do ambiente*. Coimbra: Almedina, 2007.
- GIDDENS, Antony. A vida em uma sociedade pós-tradicional. In: BECK, Ulrich; GIDDENS, Antony; LASH, Scott. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. Tradução: Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997, p. 73-133.
- GIDDENS, Antony. *O mundo na era da globalização*. 2. ed. Lisboa: Presença, 2000.
- GIDDENS, Antony. *Modernidade e identidade*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2002.
- GOLDSMITH, Edouard. *O desafio ecológico*. Trad. Miguel Serras Pereira. Lisboa: Piaget, 1996.
- GOULD, Kenneth A.; SCHNAIBERG, Allan; PELLOW, David N. *The Treadmill of Production: Injustice and Unsustainability in the Global Economy*. Nova York: Paradigm Pub, 2008.
- HEIDEGGER, Martin. A questão da técnica. In: HEIDEGGER, Martin. *Ensaios e conferências*. Trad. Emmanuel Carneiro Leão; Gilvan Fogel; Márcia Sá Cavalcante Schubak. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 2008, p. 11-38.
- HEIDEGGER, Martin. *Ser e tempo*. Trad. Marcia Sá Cavalcante Schuback. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.
- MARGALEF, Ramón. *Ecologia*. Barcelona: Ediciones Omega, 2005.
- KEITEL, Liane; PEREIRA, Reginaldo; BERTICELLI, Ireno. Paradigmas emergentes, conhecimento e meio ambiente. *Revista Ensaio pesquisa em educação em ciências*, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, 2012, p. 131-146.
- MATTEDI, Marcos Antônio. As interpretações sociológicas das dinâmicas sociais de construção do risco na sociedade moderna. *Grifos*, Chapecó, 2002.
- MONOD, Jacques. *O acaso e a necessidade: ensaio sobre a filosofia natural da biologia moderna*. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 1989.
- MORIN, Edgar. *O problema epistemológico da complexidade*. Portugal: Publicações Europa-América, 2002.
- ODUM, Eugene P. *Ecologia*. Trad. Ricardo Iglesias Rios e Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

ODUM, Eugene P; BARRETT, Gary W. *Fundamentos de ecologia*. Trad. Pégasus Sistemas e Soluções. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano*. Estocolmo, 1972.

PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana. Instrumentos de tutela administrativa do meio ambiente. *Revista de direito ambiental*, São Paulo, n. 51, p. 193-231, 2008.

PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana; FRANCO; Gilza Maria de. Re-significação dos princípios do direito ambiental a partir da ecologia. *Seqüência: estudos jurídicos e políticos*, Florianópolis, n. 56, p. 123-14, 2008.

PRIEUR, Michel. *Droit de l'environnement*. 5. ed. Paris: Dalloz, 2004.

PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. *A nova aliança: metamorfose da ciência*. Trad. Miguel Faria e Maria Joaquina Machado Trincheira. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1991.

RICKLEFS, Robert E. *A economia da natureza*. Trad. Cecília Bueno, Pedro P. de Lima-e-Silva e Patrícia Moussinho. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

ROCHA, Leonel Severo; CARVALHO, Delton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *Seqüência*, Florianópolis, n. 53, p. 9-28, 2006.

VARELA, Francisco. As múltiplas figuras da circularidade. In: ELKAÏM, Mony (Org.). *Terapia familiar em transformação*. Trad. Camacho, Nicole. São Paulo: Summus, 2000, p. 150-155.

WIENER, Norbert. *Deus, golem & Cia: um comentário sobre certos pontos de contato entre cibernética e religião*. Trad. Leonidas Hegenberg, Octanny Silveira da Costa. São Paulo: Cultrix, 1971.