

Aspectos práticos da interdisciplinaridade na análise e modelagem ambiental

Practical aspects of interdisciplinarity in environmental analysis and modeling

Gerson José Mattos Freire¹

Resumo: Este trabalho pretende apresentar um pequeno histórico e um glossário de termos relativos à interdisciplinaridade. Pretende, ainda, situar a interdisciplinaridade na atual produção de modelos ambientais e sua influência no contexto das decisões tomadas através destes modelos.

Palavras-chave: Modelagem Ambiental. Interdisciplinaridade. Tomada de decisões.

Abstract: This paper intends to present a brief history and a glossary of terms relating to interdisciplinarity. It also aims, with the help of conceptual and historical analysis, to locate interdisciplinarity in the current production of environmental models and its influence in the context of decisions taken through these models.

Keywords: Environmental Modeling, Interdisciplinarity, Decision Taking

1 Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

INTRODUÇÃO

O ambiente em que vivemos e suas múltiplas relações e estados, só pode ser representado por modelos de alta complexidade. Para que a interpretação dos resultados desses modelos seja inteligível em todos os seus aspectos, é desejável que sejam abordados por diferentes áreas das Ciências. Apesar de diversas metodologias interdisciplinares propostas já estarem integradas às práticas de gestão e à legislação ambiental, o acúmulo de informações não traz, em muitas situações, o ganho qualitativo correspondente.

Por outro lado, avanços em capacidade computacional e técnicas de análises de dados fazem convergir à modelagem ambiental, profissionais oriundos das mais diversas áreas, que buscam os métodos adequados à aplicação de uma abordagem holística. Técnicas de validação, calibração e monitoramento fazem evoluir a precisão dos modelos; sua acurácia passa a ter importância na tomada de decisões políticas e econômicas, com consequências de longo prazo, o que tornou a elaboração de um modelo uma tarefa de grande responsabilidade.

O presente trabalho pretende situar a interdisciplinaridade na atual produção de modelos ambientais e sua influência econômica no contexto das decisões tomadas, através destes modelos.

Contextualização

A noção clássica de ciência para os antigos gregos, bem como para toda a civilização ocidental que deles se originou, pode ser sintetizada pela definição que dava São Tomás de Aquino em sua *Summa Theologica*¹: sábios são os que consagram seus esforços ao estudo do princípio e fim das coisas. O conhecimento, extremamente individualizado, abrangia uma vasta gama de setores exigindo

alta capacidade de memorização por parte dos seus portadores. A Filosofia era, por definição, o elemento de integração para o Estudo de Ciências Naturais e das Ciências Sociais. Entretanto, não havia (ou pelo menos não se admitia) conflito entre fé e razão.

A introdução da metodologia científica tradicional, representada pela escola Cartesiana, preconizava a divisão do Todo em suas Partes constituintes, que assim poderiam ser mais bem analisadas. O Todo, então, poderia ser reconstituído e sua compreensão estaria assegurada. Porém, a especialização levou à institucionalização da pesquisa científica, em que se abandonou o conceito inicial de ciência democrática focada na racionalidade dos seus resultados, para um conjunto de especialidades estanques e incomunicáveis.

A discussão em torno da interdisciplinaridade iniciou-se no final do século passado, como uma reação à fragmentação científica que encontrou seu ápice durante a Segunda Revolução Industrial. As ciências encontravam-se cindidas em diversos ramos e a interdisciplinaridade deveria estabelecer alguma espécie de diálogo entre elas, embora, ainda, estivesse longe de se atingir o que mais tarde foi definido como holismo, devido à falta de um referencial comum que fosse aceitável para todos. A ausência de diálogo ameaçava o próprio progresso científico, pela ausência do entendimento da relação entre o “Todo” e as “Partes”.

A filosofia marxista procurou sanar a falta deste referencial ao propor o método dialético, fundado na historicidade. Marx² afirmava só conhecer a ciência da história. E prosseguia: o mundo histórico não pode ser separado do mundo natural; existe uma relação entre os domínios, dada pela transformação do mundo natural pelo

trabalho da humanidade sob condições materiais determinadas, tendo em vista a produção dos meios de vida. Através deste referencial, o Todo se liga com a Gênese, com uma ordem de origem e não com uma ordem da razão lógica.

Quase ao mesmo tempo, desenvolveram-se as filosofias positivistas. Estas, ao introduzir a observação, o fato, a coisa como evidência científica, entraram em conflito com o estudo das ciências humanas, cujo objeto não é tão observável quanto o objeto das ciências naturais. Com o prosseguimento da fragmentação, surgiram os especialistas nas diversas áreas do saber. Desde então, o conceito de interdisciplinaridade se desenvolveu nas ciências da educação, com a antevisão de que a forma de superar a fragmentação seria mudar o modo de produção do conhecimento. A interdisciplinaridade trouxe a perspectiva de rompimento com a epistemologia positivista, mesmo permanecendo fiel aos seus princípios.

O marco moderno da análise interdisciplinar foi a fundação, em 1912, do Instituto Jean-Jacques Rousseau, em Genebra, onde se iniciou uma discussão sobre a relação entre as ciências-mães e as ciências aplicadas à educação. Com o término da 2ª. Guerra Mundial e face ao colapso da nação, que mais se orgulhava de ser racional - na Alemanha - a interdisciplinaridade passou a ser vista como uma preocupação humanista, além da preocupação com as ciências. Desde então, diversas correntes de pensamento se ocuparam com a questão da interdisciplinaridade, especialmente a Epistemologia, através de Piaget³, que buscava desvendar o processo de construção do conhecimento e fundamentar a unidade das ciências.

Na década de 60, Gusdorf⁴ lançou um “projeto interdisciplinar para as ciências humanas” que foi apresentado à UNESCO. Sua obra *La*

Parole é considerada fundamental para entender a interdisciplinaridade.

A evolução do conceito de interdisciplinaridade de uma fase filosófica de definição e explicitação terminológica para uma fase mais científica processou-se entre os anos 70 e 80. Desde então, no plano teórico, tentativas são efetuadas no sentido de embasar a interdisciplinaridade em aspectos éticos e antropológicos, enquanto no plano prático diversos currículos interdisciplinares são implantados; nos dias presentes, segundo Faria⁵, a sociedade do conhecimento distingue-se do passado pelo papel-chave que o conhecimento desempenha nela, em que o trabalhador é o maior ativo para a vantagem competitiva. O trabalhador atua como analista simbólico equipado com conhecimento na identificação, solução e avaliação de novos problemas.

Assim, o final do século XX assistiu à chegada de uma visão holística, confrontada a uma visão anterior reducionista da natureza.

Conceitos

Uma disciplina trata de uma categoria de fenômenos que visa tornar inteligíveis e a propósito dos quais procura fazer previsões possíveis ou, mais geralmente, estabelecer correspondências. Conforme Pombo⁶, a evolução das relações entre múltiplos ramos das ciências pode ser descrita através da evolução de suas relações metodológicas e instrumentais, como se segue.

Quando duas disciplinas estabelecem uma cooperação, sem que esta implique em uma integração conceptual interna, tem-se a *Pluridisciplinaridade*. Neste nível de cooperação, as disciplinas são comparadas visando à análise de um mesmo objeto; entretanto, não implica

a elaboração de uma síntese. Na definição de Delattre⁷, a *Pluridisciplinaridade* é a associação de disciplinas que concorrem para a realização comum, mas sem modificação da própria visão de coisas e dos métodos próprios de cada disciplina.

Já a *Multidisciplinaridade* é a justaposição de disciplinas diversas, às vezes sem relação aparente entre elas. Na definição de Piaget³, estabelece-se quando a solução de um problema requer informações de uma ou mais ciências ou setores do conhecimento, sem que as disciplinas sejam alteradas ou enriquecidas por isso.

A *Multidisciplinaridade* evolui para a *Interdisciplinaridade* quando as relações de interdependência entre as disciplinas são encontradas. Passa-se, então, de um “intercâmbio de idéias” a uma cooperação efetiva e com um grau de compenetração das disciplinas, com a ocorrência da transferência de problemática, de conceitos e de metodologia de uma disciplina para outra. A interdisciplinaridade ultrapassa a pluridisciplinaridade porque vai além desta na análise e confrontação das conclusões e porque procura a elaboração de uma síntese metodológica e prática. Piaget³ define a *Interdisciplinaridade* como o intercâmbio mútuo e integração recíproca entre diferentes ciências, tendo como resultado um enriquecimento recíproco.

Finalmente, a *Transdisciplinaridade* corresponde a um grau último de coordenação suscetível de existir num sistema de educação e inovação. É uma etapa avançada relativamente à interdisciplinaridade, pois implica na integração global das várias ciências. À etapa das relações interdisciplinares sucede-se uma etapa superior que não só atingiria as interações ou reciprocidades entre investigações especializadas, mas também situaria estas relações no interior de um sistema total, sem fronteiras estáveis entre as disciplinas.

A modelagem ambiental e a interdisciplinaridade

A partir da segunda metade do século XIX, a degradação ambiental e suas catastróficas consequências começaram a ser percebidas em nível planetário, dando origem a estudos e métodos de diminuição dos danos ao ambiente. A necessidade da promoção do desenvolvimento aliada à preservação dos recursos naturais encontrou no desenvolvimento de modelos o ferramental necessário à análise de diversos temas, de interesse ambiental, cujas repercussões econômicas e sociais exigem o entendimento de diversos ramos da ciência.

As hipóteses de Lovelock e outros autores apontam para a fragilidade dos ecossistemas, exigindo que as intervenções humanas causadoras de impactos ambientais sejam submetidas, antes de entrar em operação, a estudos interdisciplinares que procurem antecipar estes impactos, propondo medidas de mitigação ou remediação, em caso de impactos reversíveis, ou de natureza compensatória, no caso dos impactos irreversíveis.

Nas abordagens de cunho prático, já previstas pela legislação, a análise ambiental procura estudar a intervenção humana sobre os ecossistemas em três grandes níveis:

- *Impactos sobre o meio físico*, definido pelo espaço geográfico e suas características, a topografia, a geologia, as características de clima, precipitações e recursos existentes; os resíduos e outros poluentes, sólidos, líquidos ou atmosféricos, sua disposição e correta destinação, assim como a infraestrutura existente disponível para os empreendimentos e as formas de adequá-la às necessidades dos empreendedores;

- *Impactos sobre o meio biótico*, compreendendo a vida em suas diversas formas, sejam espécimes vegetais ou animais; suas inter-relações, a análise de cadeias alimentares e seu poder de modificação sobre o meio físico; e
- *Impactos sobre o meio antrópico*, onde se pretendem analisar as alterações provocadas sobre as populações, sua qualidade de vida, condições econômicas e sociais. Suas análises envolvem profissionais de arqueologia, sociologia, economia, pedagogia, medicina de grandes populações, controle de vetores e de pragas, entre outros.

Como já foi dito, pela abrangência necessária à elaboração dos estudos ambientais, profissionais de diversas disciplinas se unem para a concepção de um produto coerente, que envolva a apreciação de diversas variáveis. Entretanto, sem a correspondente troca efetiva de informações de cunho prático entre estas equipes, Pombo⁵ alerta, a interdisciplinaridade é usada como processo expedito de gestão e decisão. A mais avançada produção técnica e tecnológica se tende a reunir equipes interdisciplinares no trabalho de concepção, planificação e produção dos objetos.

Considerando-se que nenhum projeto ou iniciativa capaz de causar um impacto ambiental considerável pode ser iniciado, implantado e operado nas diversas esferas da administração sem um prévio estudo de impacto ambiental, regulado pelo seu porte, e levando-se em conta a responsabilidade técnica inerente à realização destes estudos, o empresariado é parceiro da sociedade na proteção e garantia à correta operação e gestão de empreendimentos de impacto.

Ao mesmo tempo, a sociedade exige uma maior compreensão dos fenômenos ambientais, e,

os desastres, causados por falta de planejamento ou pela análise incompleta de uma ou mais variáveis, são cada vez mais explorados pela mídia. A má gestão dos recursos, sempre insuficientes, utilizados em projetos de recuperação ou remediação tem seu custo político apurado.

Neste sentido, é evidente a preocupação da comunidade acadêmica com a produção de modelos e tecnologias associadas que procurem facilitar o diálogo entre disciplinas até então isoladas. No início deste século, o movimento modernista arquitetônico procurou, pela primeira vez, unir forma e função, o que resultou, entre outros, no *design* urbano de Le Corbusier e outros. Hoje, autores como Assis⁸ propõem a análise de uma dimensão bioclimática, definida como o equilíbrio térmico, acústico, luminoso e de qualidade do ar entre o homem e o ambiente que o cerca.

Técnicas de estudos demográficos, modelos de crescimento e de dinâmica das populações, como os propostos por Garcia e Soares Filho⁹ e Barbieri¹⁰, subsidiam modelos de desmatamento, que, por sua vez, constituem uma variável para análises climáticas e meteorológicas como as efetuadas por Nobre¹¹. Estas, por sua vez, requerem elementos de biogeoquímica que descrevam os ciclos do carbono e do nitrogênio na atmosfera. Em todos estes casos, ficam claros os diversos interesses disciplinares envolvidos e a necessidade de um ordenamento comum.

Pode-se tomar como exemplo da variedade de temas envolvidos na modelagem a tentativa de concepção de um modelo que descreva a interação de um local utilizado como aterro de resíduos sólidos e o ambiente. Tal tentativa deverá analisar as variáveis de topografia da área; sua geologia, uma vez que o solo pode ser mais ou menos susceptível à infiltração de água e conseqüente percolação de poluentes e a análise dos recursos hídricos presentes, sua

distância e capacidade de depuração.

As variáveis climáticas não podem ser esquecidas, uma vez que as ações da chuva e das intempéries são significativas para o deslocamento de maciços e carreamento dos resíduos aos cursos d'água. Análises qualitativas destas coleções hídricas são necessárias, para a correta identificação e mensuração das fontes de poluição. E, ainda, outros elementos podem ser agregados, como a utilização de técnicas de geoprocessamento na classificação de tipologias e uso de solos, como a descrita por Araújo¹². Ou seja, uma tentativa de sistematização e modelagem destas áreas envolve a participação de pelo menos sete ciências, a saber: a Topologia, a Geotecnia, a Geologia, a Climatologia e os Estudos Hidrológicos, a Engenharia Sanitária e as técnicas de análises de imagens. Ainda assim, tal modelo poderia agregar outros elementos, como as análises sociológicas e econômicas. Entretanto, como já postulava Christofletti¹³, os modelos são representações simplificadas da realidade. É necessário que o aumento de sua complexidade não inviabilize a análise pela introdução de um número incontrolável de variáveis.

CONCLUSÃO

O quadro de institucionalização da pesquisa moderna, com suas múltiplas subdivisões e especializações, bem como o acúmulo de informações, muitas vezes dissonantes e sem correto compartilhamento, isola as disciplinas interessadas na compreensão de eventos e processos ambientais. A tarefa de gerir e produzir estudos ambientais envolve em todos os casos a interação entre profissionais, empreendedores e entidades públicas de fiscalização e defesa do meio ambiente. Espera-se destes profissionais uma visão crítica e abrangente, que os capacitem

a fazer face à diversidade de conhecimentos e processos tecnológicos. Entretanto, o simples fato de se juntar, numa mesma equipe, profissionais de diferentes áreas não assegura que o produto resultante seja efetivamente interdisciplinar. Assim, cabe à Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais um papel aglutinador e mediador, que institua um ambiente adequado para a troca de conhecimentos, integração de variáveis e sua correta análise. O modelador/analista deve, ainda, estar pronto para conciliar as demandas oriundas de cada campo do conhecimento, que certamente procurarão sobrevalorizar a sua própria participação e a categorização de sua importância para o modelo final.

REFERÊNCIAS

1. AQUINO, S.T. *Suma de Teología* (Colaboradores MARTORIEL, J. et al.) 4ª ed. Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos, 2001.
2. MARX, K. e ENGELS, F. *A Ideologia Alemã*. São Paulo: Editora Hucitec, 1993.
3. PIAGET, J. *Problèmes Généraux de la Recherche Interdisciplinaire et Mécanismes Communs*. IN: PIAGET. *Épistémologie des Sciences de l'Homme*, Paris: Gallimard, 1981. p. 251-377.
4. GUSDORF, G. *La parole*. Paris: Presses Universitaires de France, 1952.
5. FARIA, S. *Competências do profissional da informação: uma reflexão a partir da Classificação Brasileira de Ocupações - PUC-Campinas*. 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ci/v34n2/28552.pdf>, acessado em 05/11/2007.

6. POMBO, O. A interdisciplinaridade: conceito, problemas e perspectivas. IN: POMBO; LEVY; GUIMARÃES. *A Interdisciplinaridade: reflexão e experiência*. 2ª edição (revista e aumentada). Lisboa: Ed. Texto, 1994.
7. DELATTRE, P. Recherches Interdisciplinaires: objectifs et Difficultés. Trad. port. de Patrícia Medeiros. Investigações Interdisciplinaires: objetivos e dificuldades. IN: GUIMARÃES; CONCEIÇÃO; POMBO; LEVY (Orgs.). *Antologia II*. Lisboa: Projeto Mathesis / DEFCUL, 1992. p.183-212. Acessado em <http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/mathesis/delattre.htm>, acessado em 05/11/2007.
8. ASSIS, E.S. *Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor – análise de desempenho de áreas verdes urbanas em clima tropical*. Dissertação de mestrado. Niterói: FAU - UFF, 1991.
9. GARCIA, R.A.; SOARES FILHO, B.S. *Um sistema de dinâmica demográfica para os municípios amazônicos*. Belo Horizonte: UFMG/ Cedeplar, 2005.
10. BARBIERI, A. *People, Land, And Context: Multi-Scale Dimensions Of Population Mobility In The Ecuadorian Amazon*. Dissertation submitted to the faculty of University of North Carolina - UMI Number 319Q217, Chapel Hill, USA, 2005.
11. NOBRE, C. A. Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência - mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. IN: *Parcerias Estratégicas*. Número 12. Setembro, 2001.
12. ARAÚJO, E.H.G.; KUX, H.J.H. Identificação de áreas com propensão à edificação no bairro Belvedere em Belo Horizonte utilizando sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. IN: *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3461-3468.
13. CRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de Sistemas ambientais*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1999.