
GEOPROCESSAMENTO E PESQUISA AMBIENTAL: DA DEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA AO DESAFIO METODOLÓGICO

Carlos Hiroo Saito

Prof. do Dep. de Ecologia - Instituto de Ciências Biológicas - UnB

RESUMO: *O presente trabalho tem como objetivo alertar para a necessidade de construção e consolidação de conceitos e metodologias próprias na pesquisa ambiental, mais que a adoção entusiástica de tecnologias avançadas, como os Sistemas de Informação Geográfica, com vistas a assegurar independência tecnológica e consciência crítica do processo investigatório. As discussões sobre a natureza dos dados ambientais, Sistemas Geográficos de Informação e estruturas de armazenamento de dados foram norteadas pelos resultados de trabalhos em pesquisa e extensão acumulados e um firme posicionamento filosófico de fazer do pesquisador ambiental brasileiro o sujeito da investigação científica.*

Palavras Chaves: *Sistemas de Informação Geográfica, dados ambientais, independência tecnológica, consciência metodológica, ciência e sociedade.*

ABSTRACT: *The aim of this article is to alert for the necessity to create and consolidate proper concepts and methodologies in environment researches more than the enthusiastic adoption of advanced technologies as Geographic Information Systems, looking for assure technology independence and critic consciousness of the investigatory process. The discussion about the nature of environmental data, Geographic Information System and data storage structures were based on accumulated results of research and assistance activities and a firm philosophical point of view to make brasilian environmental researches the subject of the scientific technology investigation.*

Key Words: *Geographic Information System, environmental technology independence, methodology consciouness, science and society.*

INTRODUÇÃO

No limiar do ano 2000, a industrialização e o crescimento populacional desordenados vêm produzindo sérios danos à natureza, ameaçando o futuro do bem-estar da humanidade. Neste contexto, buscando uma maior compreensão dos fenômenos naturais e um desenvolvimento ecologicamente sustentável, realizou-se em 1992, no Rio de Janeiro, a Segunda Conferência Mundial de Meio Ambiente. Já antes disto surgem na Lei medidas de proteção ao meio ambiente, tais como a obrigatoriedade de realização de Estudos de Impacto Ambiental para atividades humanas impactantes e o Código Florestal Brasileiro.

As preocupações atuais em torno da problemática ambiental dizem respeito ao domínio da capacidade predictiva das consequências da

ação humana sobre o ambiente, partindo do diagnóstico correto da situação ambiental presente e dos processos de interação e causalidade entre fenômenos naturais, de modo a se tomarem as decisões corretas sobre a direção das ações humanas.

DADOS AMBIENTAIS

Para tal, muitos dados são levantados para construção de modelos do ambiente estudado, quer através de levantamento direto no campo, quer através de técnicas de obtenção à distância (sensoriamento remoto nas suas diversas formas de apresentação). A boa modelagem inclui o correto dimensionamento dos dados e de seus processos interativos, que envolvem as formas de armazenamento dos mesmos.

Devido à complexidade e ao volume dos dados ambientais surgiram diversas tecnologias computacionais com aplicabilidade na pesquisa ambiental, tais como planilhas eletrônicas, pacotes integrados de funções estatísticas, Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados - Convencionais - SGBDs, Sistemas Especialistas, e os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs).

Porém, a tecnologia por si só não tem solucionado muitos dos problemas e, em geral, os dados levantados não são adequadamente armazenados e utilizados, segundo finalidades de interesse científico que, em última instância, são de interesse social. Devido à não explicitação de objetivos, compatibilizados com o conhecimento da natureza e das propriedades dos dados ambientais, esses mesmos dados costumam perder seu significado, convertendo-se numa coleção de registros isolados, até se tornarem ultrapassados e, muitas vezes, inúteis.

É preciso, pois, tecer algumas considerações sobre a natureza e as propriedades dos dados ambientais. Eles têm como função nomear, ordenar e padronizar o real, atendendo aos objetivos e necessidades de indagação do homem. Para tal, explícita ou implicitamente, são utilizadas as seguintes propriedades que lhes são intrínsecas: identificação (com diversos atributos), localização, evolução, extensão, proximidade e causalidade.

As diversas tecnologias têm enfatizado cada qual algumas dessas propriedades, baseado na automatização das duas formas manuais que tradicionalmente são utilizadas para exprimir os dados ambientais:

- a) Cartogramas, que exprimem a territorialidade de ocorrências ambientais (ex: mapas de cobertura vegetal);
- b) Extensas tabelas multicolunadas, informando valores para diferentes atributos de uma unidade geográfica conhecida (ex: população, área verde e atividade econômica principal de municípios de um dado estado da federação).

Com base nessas formas de expressão, surgiram as estruturas informatizadas de armazenamento de dados, classificadas como Banco de Dados Geográfico (BDG) e Banco de Dados Convencional (BDC).

Os BDGs reúnem os dados georreferenciados, ou seja, aqueles dados ambientais que se apresentam sob a forma de cartogramas, permitindo a "*análise imediata dos seus atributos topológico*" (Xavier-da-Silva et alii, 1991, p.23)

Já os BDCs reúnem os dados censitários, atributos de caráter alfanumérico, com expressão territorial indireta, via nome de localidade, esta sim, georeferenciada, permitindo "*armazenar, manipular e recuperar informações na forma de tabelas associadas, assemelhando-se aos tradicionais arquivos de cadastro*" (Xavier-da-Silva et alii, 1991, p.23)

Dentre os diversos tipos de sistemas citados, os SIGs merecem atenção particular devido à sua capacidade de, em sua concepção plena, lidar com ambos os grupos de expressão de dados.

SISTEMAS GEOGRÁFICOS DE INFORMAÇÃO - SIGs

Na verdade, o SIG é um complexo sistema de processamento automático de dados, capaz de armazenar, recuperar, transformar e exibir dados ambientais (Tomlinson & Boyle, 1981; Xavier-da-Silva, 1984). Compõe-se basicamente de uma estrutura de armazenamento de dados (banco de dados geográfico e convencional) e de uma estrutura de transformação, que através do atributo de localização, extensão, inter-relacionamento, evolução e postulados de causalidade próprios dos dados ambientais (Xavier-da-Silva & Souza, 1987; Xavier-da-Silva et alii, 1991) sub-instantaneamente justapõe, combina, separa e superpõe dados, gerando informações de relevância social. Esse poder de transformação é que confere aos SIGs o status de **sistemas de apoio à decisão**.

Numa análise mais profunda, os SIGs permitem gerar um "*hiperespaço heurístico composto por eixos não-ortogonais de escala ordinal, onde podem ser executadas classificações, análises retrospectivas e prospecções ambientais com base em estimativas e simulações apoiadas nos dados geocodificados*" (Xavier-da-Silva, 1982; Xavier-da-Silva, 1988).

Finalmente, do ponto de vista social, o SIG é em verdade considerado, mais que um sistema,

uma tecnologia de informação, que lida com dados espaciais e não espaciais (Parker, 1988), aumenta e acelera a capacidade de manipulação e armazenamento de dados ambientais e permite uma atuação interdisciplinar, pelo estabelecimento de uma linguagem comum de diálogo entre diferentes pesquisadores: os mapas. Essa representação territorial é um elemento de convergência que atua como ponte entre diferentes formações profissionais.

FETICHIZAÇÃO DA TECNOLOGIA

Porém, é importante atentarmos para algumas preocupações sobre o uso do geoprocessamento na questão ambiental. O fascínio que causa os SIGs, pela sua velocidade e capacidade de manipulação de dados e, principalmente, pela apresentação de mapas temáticos bem acabados, pode levar os usuários, que incluem técnicos e mesmo pesquisadores ambientais brasileiros, a um *apego cego à nova tecnologia* - a fetichização de um novo modismo, desviando as discussões sobre geoprocessamento para disputas no campo de "*demonstrações de capacidade de 'softwares' e equipamentos disponíveis no mercado*" (Xavier-da-Silva & Carvalho-Filho, 1992, p.627), lembrando tratarmos-se na maioria, neste caso, de tecnologia produzida no exterior. Em outras palavras, é a criação de mais uma dependência tecnológica aos grandes centros mundiais - a nova face do colonialismo.

"O novo colonialismo, mais sutil se faz pela posse e domínio do conhecimento científico, tecnológico e filosófico. Se faz tanto pela retenção de conhecimentos - pelos chamados segredos científicos -, ou pela divulgação de compreensões já formuladas sobre a realidade, pela divulgação de valores que garantem certos interesses externos. Todos estes fatores limitam a criticidade das pessoas e facilitam a dominação" (Luckesi, 1982, p.11)

Refletindo sobre esta problemática, é importante destacar que a busca acelerada da capacitação tecnológica e científica nacional deve se

calçar em bases sólidas que contemplem, principalmente, uma sólida capacitação em termos conceituais e metodológicos, haja vista a realidade socio-econômica brasileira não comportar, na maioria das vezes, a disponibilidade de equipamentos considerados padrões nos centros de pesquisa universitária, obrigando o pesquisador e o técnico a se utilizar de procedimentos alternativos para atingir os mesmos objetivos (Saito, 1992). Sem um senso crítico de nossa realidade, as discussões sobre o desenvolvimento da pesquisa ambiental serão obscurecidas pela "*pseudoconcreticidade*" (tomando o termo emprestado de Kosik, 1976) dos fatos da ciência do Primeiro Mundo.

INTEGRAÇÃO DE BASES DE DADOS

Portanto, um dos aspectos de maior importância nos SIGs é a forma estabelecida para a integração do Banco de Dados Geográfico (BDG) com o Banco de Dados Convencional (BDC), efetuando migrações de uma estrutura para outra para fins de análise, de modo a suportar satisfatoriamente os processos de tomada de decisão.

O estudo dessa associação BDG-BDC mostra-se de grande importância, embora SIGs de mercado possam conter os dois bancos de dados já em sua estrutura particular, pelo fato de existir no País uma grande base instalada de bancos de dados convencionais, a partir da difusão de linguagens de 4ª geração como o DBASE¹ e o CLIPPER², em órgãos de administração municipais e estaduais, instituições de pesquisa e da Sociedade Civil. Esses bancos de dados isolados podem ser aproveitados para darem contribuições mais significativas à pesquisa e manejo ambiental, atuando como Sistemas de Apoio à Decisão, desde que possam interagir com os BDGs através de um SIG aberto, como o caso do S.A.G.A./UFRJ³ (a possibilidade de integração do S.A.G.A./UFRJ com bancos de dados implementados em DBASE ou CLIPPER foi apresentada em Xavier-da-Silva et alii, 1991).

A integração entre as duas bases de dados, de modo a permitir a recuperação de informações da outra base a partir de qualquer uma delas, exige

1. DBASE é marca registrada da Ashton Tate, Inc.

2. CLIPPER é marca registrada da Nantucket Corporation.

que haja uma aferição dos dados do BDC ao BDG. Em outras palavras, é preciso que a unidade geográfica à qual se referem os dados censitários (município, via pública, superfície líquida) conste do BDG como entidade de busca, discretizada.

Mas isto não é o bastante, pois a simples realização da integração não significa o atendimento às necessidades de pesquisa do usuário. Vale lembrar, pois, que cada pesquisa apresenta variação em termos de natureza e finalidade, que refletem no armazenamento dos dados, devendo, portanto, haver uma análise preliminar adequada para se projetar a base de dados necessária e suficiente para a pesquisa.

É neste aspecto que retomamos a importância do domínio conceitual e metodológico da pesquisa ambiental, pois não reconhecemos a existência de fórmulas e soluções mágicas pré-determinadas nesse campo. A pesquisa ambiental ainda está num estágio de compreensão gradual dos fenômenos naturais e modelagem preliminar dos processos parcializados, o que requer do pesquisador e de suas metodologias de análise flexibilidade, capacidade de agregação, e criticidade.

Segundo La Rovere (1993), comentando a respeito das Avaliações de Impacto Ambiental, "*persistem nesse campo limitações inerentes ao próprio instrumental metodológico adotado, aqui e no exterior, em função do grau de desenvolvimento ainda insuficiente desses métodos*" (p.6).

"DESNATURAÇÃO" DE DADOS

Reforçando essa tese, incluo ainda uma outra consideração acerca da discussão anterior sobre a integração BDG-BDC e a modelagem dos mesmos. Embora os dados devam ser projetados de tal modo que atendam às necessidades da pesquisa, devemos ter o cuidado de não cairmos no imediatismo e "*desnaturar*" os dados ambientais (obtidos a grande custo) por processos de aglutinação e categorização que os tornem inutilizáveis para pesquisas futuras e desperdicem os recursos gastos no seu inventário. Isto porque os objetivos e necessidades da pesquisa ambiental e, por conseguinte, os dados que a suportam, são

dinâmicos, justamente devido ao seu comprometimento com os processos sociais.

Um exemplo ilustrativo desse fenômeno foi encontrado em nossa pesquisa sobre os dados ambientais da Amazônia (Xavier-da-Silva et alii, 1991), ao consultarmos os dados do projeto RADAMBRASIL. O mapa de vegetação encontrado no volume 12 do projeto RADAMBRASIL, folha SC-19 Rio Branco, em escala de 1:250.000, apresentava legenda com associações de formações vegetais (legendas mistas) que prejudicaram nossa análise (DNPM, 1976).

Essas legendas mistas compreendiam, por exemplo, **Fapc + Fdte + Fdhe**, sendo respectivamente **Fapc** = floresta tropical aberta em áreas sedimentares de relevo ondulado, com palmeira; **Fdte** = floresta tropical densa em áreas sedimentares de relevo dissecado em cristas, com árvores emergentes; **Fdhe** = floresta tropical densa em áreas sedimentares de baixo platô, com árvores emergentes. Em vista dessas aglutinações, tornou-se impossível qualquer correlação entre as formações vegetais particulares com outras variáveis, bem como o reconhecimento da distribuição espacial das espécies vegetais, pois só conseguíamos referenciá-las à área total da aglutinação construída, o que não deve corresponder à realidade.

Não estamos aqui julgando os motivos que levaram à construção dessas aglutinações, mas apenas ilustrando a importância de se preservarem os dados em sua unidade básica. Sabemos que a decisão de aglutinar os dados deveu-se às limitações tecnológicas de confecção de mapas nesta escala, mas a ausência de uma compreensão conceitual e metodológica clarificada da pesquisa ambiental e da natureza de seus dados levou à perda dos dados originais, que não foram encontrados, apesar das tentativas de busca efetuadas.

Fica comprovado, portanto, que sempre que se armazenam totais, aglutinações, "*o dado básico se perde para o futuro e só poderemos fazer as mesmas perguntas que fazíamos no passado*" (Saito, 1994, p.31). Neste caso, uma pesquisa mal-dimensionada, com uma modelagem conceitualmente inadequada dos dados, torna-se uma camisa-de-força para o impulsionamento de

3. S.A.G.A./UFRJ é um SIG desenvolvido no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sob a coordenação do Prof. Dr. Jorge Xavier da Silva

novas investigações, aprisionando a pesquisa aos mesmos processos, ao mesmo paradigma.

ABSTRAIR-SE DA TECNOLOGIA

Devemos concluir, desta forma, que a pesquisa ambiental deve orientar-se para um fortalecimento das definições conceituais e metodológicas de modo a assegurar confiabilidade, independência tecnológica, integração com pesquisas futuras e evitar o desperdício dos recursos já empregados. Além disto, é importante ressaltar a necessidade de um comprometimento com o desenvolvimento de uma ciência para o povo, que requer transparência, ou seja, desmistificação da mesma para propiciar sua disseminação; e baixo-custo, para permitir seu amplo uso; desta forma, haverá uma democratização do saber e um maior acesso e controle de informações pela Sociedade Civil organizada. Para os SIGs, portanto, é preciso destinar especial atenção na modelagem integrada dos dados georeferenciados e censitários convencionais, e o desenvolvimento de procedimentos de análises abertos que não pré-determinem, mas explicitem o modo de pensar do pesquisador-usuário.

No aspecto da modelagem dos dados e também dos procedimentos de análise dos mesmos, talvez valha a pena nos apropriarmos do conceito de *"tecnologia perfeita"*, de McMenamin & Palmer (1984). "Tecnologia perfeita", para esses autores, é uma imagem idealizada de total ausência de limitações do mundo físico; por exemplo, depósitos com capacidade infinita de armazenamento, processos de busca instantâneos nos depósitos, sem perdas de informação e energia, correlação infinita de variáveis, reordenamento automático de dados etc, de modo que o sistema modelado nessas condições contenha apenas a sua essência, e possa ser implementado de diferentes modos, de acordo com as limitações impostas pela realidade naquele momento histórico.

Partindo desta idéia, o pesquisador poderá concentrar-se naquilo que é realmente fundamental à sua pesquisa, que é a estrutura dos dados (o que guardar) e os objetivos da pesquisa (o que fazer), sem perder-se em pormenores tecnológicos que o obriguem a armazenar os dados de tal forma, em vista das possibilidades do software que conhece,

e realizar tais e tais procedimentos para busca de dados por serem esses os procedimentos adotados pelo software, ou aceitos pela maioria da comunidade científica. Uma vez modelada a essência de seu trabalho, introduzem-se as limitações existentes - tecnológicas, financeiras, sociais ou políticas - para se definir como esse trabalho será efetivamente realizado. Neste caso, haverá pleno conhecimento das limitações existentes, suas razões, e as estratégias adotadas para minimizar, contornar ou simplesmente incorporar essas limitações.

CONCLUSÃO

O maior rigor na abstração do sistema, concedendo grande importância à modelagem lógica como precedente à modelagem física, forçará o pesquisador a uma maior reflexão sobre os fins e os meios da pesquisa ambiental. *"Conhecer a natureza do seu trabalho é constitutivo da sua própria realidade individual"*, conforme Alvaro Vieira Pinto, 1979, p.3.

Assim, o pesquisador tornar-se-á mais crítico, com maior consciência conceitual e metodológica de suas atividades, pela calibração à realidade brasileira, ou seja, tornar-se-á sujeito de fato do processo de investigação, e não apenas objeto do processo em que terceiros determinaram o que fazer, como fazer e por que fazer. É assim que se constrói tecnologia possível e necessária, historicizada, deixando de exercer um papel coadjuvante, deixando de depender tecnologicamente de grandes centros do exterior.

Em outras palavras:

"Redefinida e reafirmada como objeto político e simbólico, a tecnologia desprende-se de um enfoque de viés ideológico - onde a produção tecnológica é assumida como um dado natural e neutro, resultante necessário do progresso - para vincular-se a uma perspectiva que admite que os interesses em jogo são tanto de natureza material-econômica quanto ideal-simbólica. Em outras palavras, a concepção naturalizada da tecnologia é superada em benefício de um enfoque que incorpora sua natureza histórica de objeto socialmente produzido" (Porto, 1992,p.82).

Lembramos, finalmente, que o subdesenvolvimento não é um "atraso" na trilha do desenvolvimento, é resultado de uma dominação econômica, política e cultural que é preciso, portanto, ser subvertida em cada uma dessas esferas. E isto só se faz com um olhar crítico na busca permanente da compreensão da totalidade do processo investigatório - "um conhecimento filosófico que a norteie; de um conhecimento da realidade social-histórica na qual se realize; e um conhecimento crítico dos princípios que a orientem na execução eficiente, através de artefatos técnicos" (Luckesi, 1982, p.8).

Concluo trazendo as palavras de Habermas, 1994:

"A força libertadora da reflexão não pode ser substituída pela difusão de um saber tecnicamente utilizável" (p.106).

Pois essa é uma responsabilidade a que nós, dos centros de produção do conhecimento, não podemos fugir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DNPM. *Projeto RADAMBRASIL* v.12. Rio de Janeiro, IBGE, 1976.
- HABERMAS, J. *Técnica e Ciência como Ideologia*. Lisboa, Edições 70, 1994.
- KOSIK, K. *Dialética do concreto*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1976.
- LA ROVERE, E. *Os problemas da avaliação de impacto ambiental no Brasil*. Subsídios, dezembro, Brasília, INESC, 1993.
- LUCKESI, C.C. Independência e inovação em tecnologia educacional. *Tecnologia Educacional* ano XI nº 47, Rio de Janeiro, ABT, 1982, pp.6-15.
- MCMENAMIN, S. & PALMER, J. *Essential Systems Analysis*. Yourdon Press, New York, 1984.
- PARKER, D. GIS Concepts. In: *The GIS Sourcebook*, GIS World, Inc., Colorado, 1989.
- PINTO, A.V. *Ciência e Existência*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1979.
- PORTO, M.S.G. A tecnologia como forma de violência. *Sociedade e Estado* vol.VII nº1-2, jan/dez, Brasília, 1992, pp.79-97.
- SAITO, C.H. Organização e método para planejamento urbano: improvisando um SGI com um Banco de Dados Convencional. In: *Anais da 44ª Reunião anual da SBPC*, São Paulo, 1992.
- *Informática e meio ambiente: a importância da organização dos dados*. Informe Biblioteca 028 volume V, Brasília, INFRAERO, fev.1994, pp.30-32.
- TOMLINSON, R. & BOYLE, R. The state of development of systems of handling natural resources inventory data. Reprinted from *Cartographica*, vol.18(4): 65-95, 1971
- XAVIER-DA-SILVA, J. A digital model of the environment: an effective approach to a real analysis. *International Geographical Union* vol.1: 17-22, 1982
- Um Sistema de Análise Geo-Ambiental: o S.A.G.A. *Anais do I Congresso Brasileiro de Defesa do meio Ambiente* vol.2: 417-420, 1984.
- Semântica Ambiental: uma contribuição geográfica. *Anais do II Congresso Brasileiro de Defesa do Meio Ambiente* vol 2: 18-25, Rio de Janeiro, 1987.
- *Ambiente, Ideologia e Informática*. Tese de Concurso para Prof. Titular, Deptº Geografia/UFRJ, 1988.
- XAVIER-DA-SILVA, J. & CARVALHO-FILHO, L.M. Sistemas de Informação Geográfica: uma proposta metodológica. In: *Anais da IV Conferência Latino-americana sobre Sistemas de Informação Geográfica e 2º Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento*, São Paulo, 1993, pp.609-628.
- XAVIER-DA-SILVA, J. & SOUZA, M.J.L.de. *Análise Ambiental*. Rio de Janeiro, PROED-UFRJ, 1987.
- XAVIER-DA-SILVA, J. et alii. Um banco de dados ambientais para a Amazônia. *Rev. Brasileira de Geografia*, 53(3): 91-124, jul/set, Rio de Janeiro, IBGE, 1991.