

CONTRIBUIÇÕES DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA A COMPREENSÃO DA COMPLEXIDADE AMBIENTAL

Nelson Wellausen Dias
Universidade de Taubaté – UNITAU/LAGEO
Estrada Dr. José Luiz Cembranelli, 5000, Taubaté, SP, 12081-010, Brasil
nelson@agro.unitau.br

Abstract.

Environmental complexity is one of the components of life on Earth. Several of us realize its existence one time or another. Our civilization has strived to overcome the hurdles that nature has posed in our path toward development. Science and technology has provided many tools to help us understand the environment, including remote sensing. Earth System Science research and development has provided many outcomes. However, real knowledge about the environment is still limited. Learn to learn environmental complexity is a required mental process if we ever want to really know about natural processes, their causes and consequences. This requires shifting from digital and synchronic to analogical and diachronic thinking. The different applications of remote sensing technology have helped identify initial components associated with environmental complexity. There is a window of opportunity for alternative ways of perceiving and interpreting the environment and those might generate innovative ways of creating true sustainable development strategies for our planet.

Palavras-chave: remote sensing, environmental complexity, sustainable development, earth system science, sensoriamento remoto, complexidade ambiental, desenvolvimento sustentável, ciência do sistema terrestre.

1. Introdução

A complexidade ambiental é uma característica da vida na terra que nós, seres humanos, testemunhamos sua existência em algum momento de nossa vida. Muitas comunidades indígenas, por exemplo, convivem construtivamente com ela e fazem deste conhecimento instrumento fundamental para sua sobrevivência. Muitos de nós nos damos conta da existência da complexidade ambiental ao refletirmos sobre nossa própria história e percebermos, por exemplo, que os verões ou invernos nunca são iguais, alguns muito quentes, outros muito frios, alguns muitos chuvosos, outros secos e assim por diante. Aqueles que têm o privilégio de percorrer regiões diferentes deste planeta se espantam com a diversidade de paisagens e climas que se deparam. Já os que estudam e procuram compreender a natureza aplicando as técnicas de observação racional com o intuito de replicar seus processos ou manejar seus recursos se deparam com situações surpreendentes nas quais fica evidenciada a limitação de nossa compreensão sobre o meio ambiente.

Nossa civilização tem rumado no sentido de dominar o conhecimento sobre a natureza, suas forças e segredos, e, a cada avanço significativo que damos mais descobrimos que ainda temos muito a aprender. Dentre as ferramentas que criamos para aumentar nossa capacidade de observar e compreender a natureza, nas últimas décadas, encontra-se o sensoriamento remoto. Os avanços tecnológicos incorporados ao sensoriamento remoto permitiram gerar sistemas capazes de obter informações sobre regiões do espectro eletromagnético localizadas muito além da limitada região que nossa visão é capaz de detectar. Em outras palavras, essas tecnologias tem amplificado a capacidade sensorial do ser humano através de instrumentos que nos permitem observar fenômenos, tanto quantitativa quanto qualitativamente, em escalas variadas e em dimensões naturalmente imperceptíveis a nossa capacidade humana. As resoluções espaciais dos satélites tem aumentado geometricamente permitindo com que hoje se possa obter imagens a mais de 400 quilômetros de altitude com uma exatidão geométrica de menos de 1 metro. Sensores modernos são capazes de detectar e identificar diferentes gases na atmosfera em diferentes altitudes permitindo gerar mosaicos tridimensionais de

concentrações e distribuição geográfica desses gases em nosso planeta. A acumulação de dados com características semelhantes ao longo do tempo (e.g. imagens Landsat) tem permitido recriar eventos históricos ocorridos em locais onde estes não foram registrados por ninguém. O acesso a dados de sensoriamento remoto tem sido facilitado pelo custo decrescente e por mecanismos de distribuição direta que culminaram mais recentemente com, por exemplo, a distribuição gratuita das imagens CBERS via Internet decidida e implementada pelo INPE.

Na medida em que existe uma ansiedade humanamente natural de conhecer o que consideramos ainda ser desconhecido e que este sentimento tem nos levado a desenvolver tecnologias que extrapolam em muito nossa capacidade de observar o meio ambiente, por outro lado nos deparamos ainda com importantes perguntas sem resposta. Um documento da NASA (2004) destaca as seguintes perguntas consideradas fundamentais para que possamos compreender melhor o sistema terrestre: (1) Como que os vários componentes do sistema terrestre (ciclo hidrológico, ecossistemas, composição atmosférica) estão mudando? (2) Como que o sistema terrestre responde às mudanças induzidas pelo homem e pela natureza? (3) Quais serão as consequências da mudança no sistema terrestre para a civilização humana? (4) Como que a terra irá mudar no futuro e como podemos prever estas mudanças? Muitas dessas perguntas evidenciam falta de conhecimento relacionado diretamente à complexidade ambiental. A grande questão que se coloca neste momento é se nós estamos seguindo o caminho correto para chegarmos às respostas que tanto necessitamos. Este artigo procura abordar, ainda que preliminarmente, o que já foi obtido através do desenvolvimento da tecnologia de sensoriamento remoto e, ao mesmo tempo, contrapondo o conhecimento obtido com aspectos importantes do que se entende hoje como sendo a necessidade de aprender a aprender a complexidade ambiental.

2. A Crise Ambiental e o Conhecimento do Real

Segundo Leff (2003), “a crise ambiental é a primeira crise do mundo real produzida pelo desconhecimento do conhecimento; desde a concepção do mundo e do domínio da natureza que geram a falsa certeza de um crescimento econômico sem limites, até a racionalidade instrumental e tecnológica como sua causa eficiente”. Dentro do tradicional contexto da ação-e-reação, a resposta dada por nossa civilização aos eventos considerados como “intoleráveis” ações da natureza contra nosso *modo operandi*, como, por exemplo, a intoxicação de milhares de japoneses em Minamata ou o envenenamento de centenas de pessoas em Bhopal foi o desenvolvimento de novos instrumentos e novas tecnologias que nos permitissem seguir no mesmo rumo evitando a interferência incômoda da natureza, ou seja, reagimos. Só que no fundo o impacto foi muito mais forte e com o passar do tempo fomos forçados a repensar nossa atitude. Nesta linha de pensamento o mesmo autor afirma “ a crise ambiental nos leva a interrogar o conhecimento do mundo, a questionar este projeto epistemológico que buscou a unidade, a uniformidade e a homogeneidade; esse projeto que anuncia um futuro comum, negando o limite, o tempo, a história; a diferença, a diversidade, a outridade. [...] A crise ambiental não é crise ecológica, mas crise da razão. Os problemas ambientais são, fundamentalmente, problemas do conhecimento”.

Nos rumos seguidos pelo desenvolvimento da ciência e da tecnologia acaba-se criando situações em que o nível de preocupação torna-se menor que outras. Mas na realidade existem situações que acabam tendo um nível mais baixo de preocupação quando analisadas sob uma ótica de curta duração, na verdade muito mais curta do que a necessária. “Uma característica dos novos domínios das inovações científicas é sua intervenção em processos biológicos complexos e ecossistemas, nos quais assegurar a qualidade em termos de resultados é quase impossível. Esta qualidade requer certa reflexão. Durante muito tempo se reconheceu que as

atividades de produção industrial, consumo e agricultura intensiva poderiam produzir efeitos indesejáveis ou negativos nos ecossistemas e na qualidade ambiental. Mais recentemente foi enfatizado que algumas destas consequências adversas podem ter um horizonte temporal de muito longo prazo, efeitos irreversíveis e uma gestão muito difícil' (Funtowicz e De Marchi, 2003).

Na realidade, como afirma Leff (2003), "o real sempre foi complexo; as estruturas dissipativas sempre existiram e são mais reais que os processos reversíveis e em equilíbrio. Mas a ciência simplificadora, ao desconhecer a complexidade do real, construiu uma economia mecanicista e uma racionalidade tecnológica que negaram os potenciais da natureza; as aplicações do conhecimento fracionado, do pensamento unidimensional, da tecnologia produtivista, aceleraram a degradação entrópica do planeta pelo efeito de suas sinergias negativas". Muitas das evidências que comprovam a existência deste processo insustentável foram produzidas por aplicações específicas das técnicas de observação da terra através do sensoriamento remoto. Diversos processos contemporâneos de mobilização da sociedade, seja ela por organismos internacionais ou por organizações do terceiro setor, usam informações derivadas do processamento de imagens orbitais para justificar suas causas e reivindicar mudanças de paradigma. No entanto, a compreensão da complexidade do real, como reivindica Leff, não foi alcançada com o auxílio desta tecnologia até o presente.

A estrutura sócio-econômica que predomina na maioria dos países do mundo hoje em dia anda na contramão do que deveria ser preconizado e perseguido para que pudéssemos construir meios de compreender o real. "Os princípios e valores que guiam a reorganização da sociedade são mobilizados pelo desejo – a vontade de poder – que induz um processo interminável de transformação do saber e do ser que nenhum conhecimento – por mais holístico que seja – pode saciar. Essa "falta em ser" e "falta de conhecimento" não podem ser preenchidas com o progresso da ciência, com o poder da tecnologia ou a atualização da natureza orgânica na consciência humana" (Leff, 2003).

3. Aprender a Aprender a Complexidade Ambiental

Ao salientarmos a necessidade de repensar a complexidade ambiental e procurar meios para compreendê-la é fundamental usarmos a expressão "Aprender a Aprender", pois esta ênfase nos guia no sentido de nos reeducarmos e assim irmos nos tornando capazes de perceber e interagir com os complexos meandros do real. "Aprender a aprender a complexidade ambiental não é um problema de aprendizagem do meio, mas de compreensão do conhecimento sobre o mundo. [...] Aprender a aprender a complexidade ambiental implica uma nova compreensão do mundo que incorpora os conhecimentos e saberes arraigados em cosmologias, mitologias, ideologias, teorias e saberes práticos que estão nos alicerces da civilização moderna, no sangue de cada cultura, no rosto de cada pessoa" (Leff, 2003).

Ao contrário do que alguns temem, reconhecer e valorizar a complexidade ambiental não é o início de um processo de ecologização do mundo. É sim o início de um processo de evolução do pensamento para outro mais complexo e inter-relacionado com as manifestações e características verdadeiras do meio ambiente. "O pensamento complexo desborda a visão cibernética de uma realidade que se estrutura e evolui através de um conjunto de inter-relações e retro-alimentações, como um processo de desenvolvimento que vai da auto-organização da matéria à ecologização do pensamento" (Morin, 1977, 1980, 1986). Entenda-se ecologização do pensamento não como o processo de pensamento afetivo fanaticamente ecológico, mas sim o processo de pensar concatenadamente com os eventos, ciclos e manifestações ambientais.

Um ingrediente fundamental para a consolidação do pensamento complexo é a paixão, ou seja, o sentimento que nos guia por caminhos que nós mesmos temos dificuldade de

compreender. O pensamento dominante que hoje tenta nos levar a compreender o meio ambiente é o pensamento científico, o qual pode produzir soluções com efetividade contestável, como no caso da análise de risco. “O sistema científico forneceu recentemente para a sociedade moderna um nova compreensão da noção de perigo, etiquetando as situações de perigo como “riscos” submetidos a uma avaliação probabilística quantitativa” (Beck, 1992, Giddens, 1991). A gestão de riscos corresponde aos “sistemas especialistas”, ou seja, à ciência, à tecnologia baseada na ciência e aos cientistas especialistas. Trata-se de um mecanismo desenhado para que a operação apareça puramente racional, mas valores e interesses (a paixão) estão implicitamente presentes neste processo, que esconde, ao mesmo tempo, profundas incertezas científicas. É a paixão, e não a razão, que dá o contexto de confiança essencial para que a gestão do risco possa funcionar bem (Funtowicz e De Marchi, 2003).

Funtowicz e De Marchi (2003) propõem mudanças importantes na forma como a ciência avalia os problemas e como as soluções para esses problemas são criadas. Algumas dessas mudanças são:

- A ciência deve tratar de suprir o déficit de conhecimento ante o crescimento de problemas ambientais, como a contaminação das águas, resíduos radioativos, diminuição de recursos renováveis, mudança climática e outros aspectos de contaminação atmosférica, e efeitos nos habitats terrestres e aquáticos.
- A “ciência para a sustentabilidade” teria que estar orientada em problemas de sustentabilidade. Essas questões incluem aspectos complexos e difíceis, aqueles nos quais nosso conhecimento está fortemente afetado pela incerteza, a ignorância e o conflito de valores.

Muitas das perguntas sobre o meio ambiente de nosso planeta que ainda estão sem resposta podem ser exemplificadas pelos questionamentos elaborados pela NASA (2004) (disponibilizadas via documento eletrônico) que procuram abordar o que ainda falta ser conhecido sobre o sistema terrestre. Neste documento as questões com relação ao sistema terrestre estão divididas em cinco critérios principais, são eles: variabilidade, causas, respostas, consequências e previsibilidade. A magnitude do desconhecido evidenciado pela maioria das perguntas elaboradas para cada critério demonstra o quanto ainda desconhecemos o nosso planeta apesar dos “avanços” já obtidos no âmbito das descobertas científicas.

4. Os Sistemas de Observação da Terra

Os sistemas de observação da terra evoluíram desde sistemas passivos, onde imagens analógicas eram obtidas para posterior análise (fotos tiradas a bordo de naves espaciais), para sistemas integrados que permitem hoje a entrada direta de dados digitais em modelos de simulação que procuram recriar artificialmente a realidade ambiental. Entre os anos 60 e 80 a NASA desenvolveu a tecnologia de visualização da Terra em esfera global desde o espaço abordando componentes individuais do sistema terrestre. Este processo permitiu a descoberta dos processos que atuam por trás da perda de ozônio sobre a Antártica; as respostas da Terra sobre a radiação solar incidente; e a extensão, causas e impactos das mudanças de uso e cobertura da terra. Nos anos 80 e 90 a NASA desenvolveu o campo interdisciplinar da Ciência do Sistema Terrestre e criou o Sistema de Observação da Terra (EOS). Durante este período foram utilizadas observações orbitais, pareadas com observações sub-orbitais e de campo, para revelar os mecanismos que operam por trás do ciclo El Niño-La Niña e deram início a modelagem coerente do sistema climático. Pela primeira vez cientistas foram capazes de medir a distribuição de aerossóis na atmosfera e as mudanças que ocorrem entre as estações de um ano e de um ano para outro.

Segundo a NASA (2004) existe hoje conhecimento capaz de prover noções importantes de como o sistema terrestre funciona e, prevê este órgão, “está próximo de criar a capacidade de prever comportamentos do sistema terrestre que permitirão avaliar as consequências das mudanças para a vida na Terra”. A NASA prevê, também, que para a próxima década será possível fazer previsões confiáveis sobre:

- Variabilidade e mudança climática, e avaliações dos impactos das mudanças no nível global dos oceanos, na circulação oceânica, na temperatura regional, na precipitação e no teor de umidade dos solos.
- Recuperação da camada protetora de ozônio na atmosfera e avaliação da qualidade do ar na troposfera.
- Produtividade biológica terrestre e oceânica, saúde dos ecossistemas, interações destes com o sistema climático e as implicações para a produção de alimentos e fibras.
- Informações mais antecipadas sobre a formação e deslocamento de tempestades e tornados para o planejamento da remoção de pessoas para proteção da vida e propriedade.
- Enchentes e secas sazonais e abastecimento de água por região do globo e seus impactos sobre a agricultura e riscos de incêndios.
- Erupções vulcânicas em escala mensal e estimativa da probabilidade da ocorrência de terremotos em zonas tectônicas selecionadas para proteção da vida e da propriedade.

Atualmente a NASA está completando a primeira fase do Sistema de Observação da Terra e tomando providências para expandir e sustentar a aquisição continuada de longa duração de dados climáticos. Ao mesmo tempo estão sendo criadas novas metodologias e tecnologias com o objetivo de preencher as lacunas de conhecimento sobre o sistema terrestre. Dentre estes estão novos métodos para medir os movimentos da crosta terrestre e de seu interior responsáveis por produzir terremotos e vulcões; sensores para detectar as mudanças na distribuição de partículas de gás e aerossóis em escala regional e global em escalas de tempo diária, mensal, anual e decenal.

5. O Pensamento Analógico

Segundo Pesci (2003), “o pensamento analógico por natureza estabelece, sobretudo, relações. As analogias somente são compreensíveis quando se é capaz de perceber as infinitas relações que fazem com que duas ou mais coisas se pareçam ou não entre si. [...] As relações que a analogia exige para funcionar são intelectuais e sensoriais ao mesmo tempo, pertencem a distintos tempos históricos e fazem funcionar todos os mecanismos de percepção como os que são vividos na liberação do sonho. As relações não são lineares, mas complexas, caóticas; não são sincrônicas e sim diacrônicas, e demonstram que a realidade não se comporta como diagrama de árvores hierárquicas, mas como redes ou semi-tramas cujos centros de atração mudam continuamente”.

Na nossa história mais recente a busca de certezas através da lógica dedutiva produziu o avanço dos conhecimentos disciplinares, setorizando as visões integradas, e privilegiando o pensamento digital e o cálculo de quantidades na tentativa de entender melhor a realidade. Por outro lado a realidade demonstrou que a inércia de cada disciplina é tal, e sobretudo dos fatores de poder que cada uma herdou, que é muito difícil conseguir a integração. “A transversalidade, e seu correlato em uma ansiada transdisciplina, tenta dar o salto qualitativo na busca do olhar comum à generalidade dos fenômenos, para reconhecer como sistema e logo aprofundar em seus subsistemas. Nesse caminho se está transitando nas últimas três décadas, recuperando a visão integradora, mas sem perder o rigor das destrezas especializadas” (Pesci, 2003).

Com o rumo tomado por nossa civilização, que resultou no predomínio do pensamento digital e quantitativo, faz-se necessário um gigantesco esforço de recuperação do pensamento

analógico, entendido como o uso das facetas mais sensíveis do intelecto, da memória, dos sentidos, do reconhecimento histórico e da capacidade de comparação, para conhecer a dimensão complexa da realidade (Pesci, 2003).

Esta necessária mudança de atitude, segundo Pesci (2003), passa por três grandes corpos de conhecimentos que dão armas para sustentar epistemologicamente essa mudança:

- A percepção, como método de reconhecimento no setorial – que consiste em uma aproximação empírica, com forte acento no trabalho de campo, utilizando essencialmente os sentidos (visão, audição, olfato, tato e paladar) para captar as relações essenciais que se estabelecem no ambiente.
- As interfases, como método de síntese que contém a dinamicidade e complexidade proveniente do reconhecimento das relações – que consiste em conceber os ecótonos, margens ou interações entre dois ou mais ecossistemas como a área de maior intensidade de intercâmbios de fluxos e informações e, portanto, onde é possível registrar os fenômenos críticos da cada ecossistema em sua relação com o contexto.
- Os padrões, como registro de unidades do ambiente que trazem sua memória genética e social e cuja reelaboração conduz à formulação de alternativas sustentáveis – os padrões ou unidades genéticas do comportamento do ambiente contêm a informação mínima de significado para reconhecer o tipo de ambiente e seu estado, dando assim um caminho contínuo para sua proposta de ajuste.

A efetividade do sensoriamento remoto na sua meta de auxiliar a compreensão da complexidade ambiental reside na associação entre seus produtos e o pensamento analógico. Um exemplo bem sucedido desta associação está na linha de pesquisa que integra métodos antropológicos com técnicas de sensoriamento remoto para estudos de ecologia humana. Alguns destes estudos tem produzido conhecimento rico em componentes da complexidade ambiental vistos sob a ótica de comunidades de caboclos amazônicos (no manejo de recursos naturais desta região) e observações multitemporais da composição da paisagem e evolução de sistemas agrofloretais em função da interferência antrópica (Moran e Brondizio, 1998, McCracken et al., 1999, Moran e Brondizio, 2001, Brondizio et al., 2002, Moran et al., 2003).

Os produtos de sensoriamento remoto promoveram, num primeiro momento, a implementação efetiva da multidisciplinariedade para permitir a compreensão mais completa de seus produtos. Mas atualmente é necessária a intensificação da transdisciplinariedade para possamos tirar o máximo proveito de seus benefícios.

6. Sensoriamento Remoto e Complexidade Ambiental: Desafios Presentes e Futuros

No Brasil, assim como na maioria dos outros países, nos deparamos com situações ambientais complexas em que a solução não está simplesmente nos investimentos financeiros, públicos ou privados, para reverter o quadro atual e redirecionar o rumo adotado, mas sim na mudança de valores através da evolução do conhecimento do real e do reconhecimento da complexidade ambiental. Por exemplo, as florestas e corpos d'água continuam sendo invadidos por espécies exóticas com elevada capacidade competitiva; a expansão da fronteira agrícola, desde os primórdios dos cultivos de café na região sudeste à atual expansão da soja e algodão no cerrado, vem acompanhada de uma descomunal perda de solo por erosão seguida de assoreamento dos rios e geração de imensas voçorocas; a sinergia entre contaminantes dos corpos d'água (pontuais e difusos) geram complexos processos de eutrofização e perda de qualidade da água de nossos recursos hídricos. Muitas das soluções mitigadoras adotadas pecam pela simplicidade ao desconsiderarem a complexidade ambiental em seus diversos níveis (do local ao global) e procurarem, ineficientemente, adotar soluções que buscam manter em equilíbrio o que é dinâmico. Muitos dos princípios de preservação e conservação

que servem de base para tais intervenções privilegiam o estático enquanto que a realidade nos mostra um ambiente dinâmico.

Na escala global a NASA (2004) reconhece que o conhecimento adquirido através de pesquisas da Ciência do Sistema Terrestre determina uma nova fronteira para esta ciência na qual se deve: (1) explorar interações entre os principais componentes do sistema terrestre, continentes, oceanos, atmosfera, gelo e vida; (2) distinguir entre causas de mudanças induzidas pelo homem e pela natureza; e (3) compreender e prever as consequências das mudanças.

Em função desta nova fronteira a NASA estabeleceu cinco áreas foco para abordar estes processos complexos e se propõe a desenvolver a capacidade para realizar modelagem computacional para cada área através de:

- Adquirir capacidade computacional que permita realizar operações robustas do sistema terrestre para atender a expansão dos modelos na medida que se tornam mais completos e complexos.
- Assimilar novos satélites, sub-orbitais, e incorporar essas observações juntamente com dados de campo nos modelos do sistema terrestre.
- Liderar um consórcio de agências e universidades no estabelecimento de um padrão comum para a modelagem e protocolos que permitirão com que diversas instituições colaborem nos esforços de modelagem do sistema terrestre.
- Trabalhar com a iniciativa privada no desenvolvimento de novas tecnologias de computação, redes, armazenamento de dados e acesso aos dados para conectar modelos e assimilar dados coletados por diversas instituições para atender a demanda crescente da modelagem computacional.
- Desenvolver modelos do sistema terrestre que incorporem observações juntamente com modelagem de processos para simular correlações entre os processos estudados nas áreas foco, como por exemplo: a) agregação entre composição atmosférica com carga de aerossóis e clima; b) agregação entre processos dos aerossóis com o ciclo hidrológico; e c) agregação entre variabilidade climática e tempo.

Dessa maneira a NASA pretende direcionar suas prioridades para atender à diversas demandas, dentre elas: (1) redução das incertezas com relação à compreensão das causas e consequências das mudanças globais promovendo opções para mitigação e adaptação; (2) melhorar a duração e confiabilidade das previsões do tempo; (3) reduzir a vulnerabilidade à desastres induzidos por atividade humana ou natural; (4) compreender e prever mudanças nos oceanos do planeta; (5) compreender sinais de mudanças globais nas regiões polares e os impactos destes sobre essas regiões.

Ao final nos perguntamos se todo este investimento da NASA irá produzir os resultados desejados considerando o enfoque científico escolhido, ou seja, quantitativo e digital. Mas mesmo que este esforço gere subsídios construtivos para melhor compreendermos o sistema terrestre, fica o questionamento sobre o que a comunidade brasileira (científica ou não) deveria fazer para que possamos chegar às respostas que realmente precisamos. Será que se nós adotássemos uma perspectiva que usasse toda a nossa potencialidade humana na tentativa de compreender a complexidade ambiental de nossos próprios ecossistemas e sistemas produtivos, nós não estaríamos criando um novo modelo de desenvolvimento verdadeiramente sustentável que poderia ser seguido por vários outros países do mundo?

Referências Bibliográficas

Beck, U. **Risk Society. Towards a New Modernity**. Londres: Sage, 1992.

Brondizio, E.S.; S. McCracken; E.F. Moran; A.D. Siqueira; D. Nelson; e C. Rodriguez-

Pedraza. **The Colonist Footprint: Toward a Conceptual Framework of Land Use and**

- Deforestation Trajectories among Small Farmers in the Amazonian Frontier. In: **Deforestation and Land Use in the Amazon**. C.H. Wood e R. Porro (editores.), Gainesville: Univ. Press of Florida, Pg 133-161, 2002.
- Funtowicz S.; De Marchi, B. Ciência Pós-Normal, Complexidade Reflexiva e Sustentabilidade. In: **A Complexidade Ambiental**. E. Leff (coordenador), São Paulo: Cortez, Pg 65-98, 2003.
- Giddens, A. *Modernity and Self-Identity: self and society in the late modern age*. Cambridge: Polity, 1991
- Leff, E. Pensar a Complexidade Ambiental. In: **A Complexidade Ambiental**. E. Leff (coordenador), São Paulo: Cortez, Pg 15-64, 2003.
- McCracken, S., E.S. Brondizio, D. Nelson, E.F. Moran, A.D. Siqueira, and C. Rodriguez-Pedraza. Remote Sensing and GIS at Farm Property Level: Demography and Deforestation in the Brazilian Amazon. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 65(11):1311-1320. 1999.
- Moran, E.F., A. Siqueira and E. Brondizio. Household Demographic Structure and Its Relationship to the Amazon Basin. In: **People and the Environment: Approaches to Linking Household and Community Surveys to Remote Sensing and GIS**. J. Fox, V. Mishra, R. Rindfuss, e S. Walsh (editores.), Kluwer. Pg 1-30, 2003.
- Moran, E.F. and E.S. Brondizio. Human Ecology from Space: Ecological Anthropology Engages the Study of Global Environmental Change. In: **Ecology and the Sacred: Engaging the Anthropology of Roy A. Rappaport**. E. Messner e M. Lambeck (editores.), Ann Arbor: University of Michigan Press, Pg 64-87, 2001.
- Moran, E.F. and E.S. Brondizio. Land-use change after deforestation in Amazônia. In **People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science**. D. Liverman, E.F. Mora, R.R. Rindfuss, e P.C. Stern (editores.), Washington: National Academy Press, Pg 94-120, 1998.
- Morin, E. **La Méthode. La nature de la nature**. Paris: Les Editions du Senil, 1977
- Morin, E. **La Méthode. La vie de la vie**. Paris: Les Editions du Senil, 1980.
- Morin, E. **La Méthode. La connaissance de la connaissance**. Paris: Les Editions du Senil, 1986
- NASA (National Aeronautics and Space Administration). **Earth Science Enterprise Strategy**. Documento eletrônico obtido do URL <http://earth.nasa.gov> em Julho de 2004.
- Pesci, R. A Pedagogia da Cultura Ambiental: do Titanic ao Veleriro. In: **A Complexidade Ambiental**. E. Leff (coordenador), São Paulo: Cortez, Pg 131-177, 2003.