

ETOLOGIA E O ENSINO DE ENGENHARIA

Robert Betito - docbetit@super.furg.br

Tabajara L. de Almeida - dmttaba@super.furg.br

Cleuza I. R. de Almeida - ccengciv@super.furg.br

Fundação Universidade Federal do Rio Grande - FURG – RS

***Resumo.** Etologia é uma ciência biológica que estuda de modo comparativo o comportamento de seres vivos, onde os processos instintivos e aprendidos são discernidos e analisados sob enfoque evolutivo. Seu estudo baseia-se na análise da anatomia (forma), fisiologia (função), genética (incorporação de adaptações), ecologia (diversidade de situações) e sistemas dinâmicos (análise da entropia, estabilidade e evolução). A Engenharia aplica estes mesmos conceitos na elaboração de suas obras: desenho (forma) x ergonomia (função), testa/fabrica novos materiais (adaptações), diversifica suas construções em micro/macro escala de acordo com as diferentes condicionantes físico-químicas, propicia a estabilidade ambiental aplicando a reciclagem biogeoquímica de vários materiais, evitando os efeitos danosos da poluição (entropia), melhorando nossa Qualidade de Vida (evolução). Porém, de que modo o engenheiro pode construir suas obras, ecologicamente corretas, desenvolvendo tecnologia, sem saber as exigências propícias à sobrevivência de quem ele deve atender: o ser humano? A educação do profissional engenheiro não necessitaria de um apoio interdisciplinar em seu currículo para orientá-lo quanto a estas necessidades básicas, pessoais e sociais do ser humano? Não lhe é importante possuir uma maior fundamentação em educação ambiental (eco-etologia)? Os autores deste artigo sugerem que sim e propõem uma ementa interdisciplinar para os diversos cursos de Engenharia.*

***Palavras-chave:** Etologia, Educação, Interdisciplinaridade, Ensino de Engenharia, Qualidade de Vida..*

1. O ENGENHEIRO E SUAS RESPONSABILIDADES

A evolução das condições de vida nas sociedades depende da filosofia e objetivos das descobertas de seus cientistas (Monod, 1971; Roederer, 1978; Thuillier, 1984), onde a qualidade e quantidade das informações constituem elementos-chave. O desenvolvimento de suas culturas depende do equilíbrio do quadrinômio Ciências – Tecnologia – Sociedade – Artes. As Ciências e Artes são linguagens suplementares, que têm em comum não falar das experiências, mas do mundo (Bronowski, 1990; Gomes, 1998), perceptível por nossos *instintos*, abrindo nossos

horizontes para aprendermos o que é Vida, formando os mapas individuais (Bandler & Grinder, 1975, Almeida *et al.*, 2000). A sociedade atual oprime nossos instintos com relação ao que é aprendido, e corremos o perigo de nos tornarmos autômatos do que ela determinar que sejamos (Lorenz, 1988), não do que nós queremos *ser* ou *fazer* (holotropia). Será ela a nos moldar, e não nós que a moldaremos, conforme nossa biologia e o bem-comum (Hardin, 1968). Isto só será possível quando a sociedade atingir um elevado nível de conscientização dos fenômenos bioecológicos, alcançável somente pela Educação (Almeida & Betito, 2000).

O elevado empenho no desenvolvimento da inteligência racional no ensino moderno acarretou em um grave e lamentável empobrecimento de nossos poderes de intuição, cujas riquezas devemos hoje tentar recuperar (Monod, 1971; Lorenz, 1988). É o que se busca redescobrir com a inteligência emocional (Adler, 1955; Goleman, 1995; Del Nero, 1997), passível de ser aplicada no ensino de Engenharia (Schenberg, 1991; Sachs, 1995).

A primeira vista, as Engenharias e seus profissionais, os engenheiros, aprimoram-se no uso da tecnologia para o desenvolvimento do bem estar, individual e social. Estão mais direcionados ao *ter* (hilotropia), aos problemas de produção/consumo, gerenciamento da eficácia deste processo e do marketing envolvido (Cordani, 1995). Suas responsabilidades, no entanto, vão bem mais além, de âmbito mais abrangente e integrado, como avaliar o impacto de suas atividades tanto no contexto social como no ambiental (ver Diretrizes Curriculares, Portaria SESu/MEC nº 146/98).

Porém, de que modo o engenheiro poderá construir suas obras, ecologicamente corretas, sem saber as exigências propícias à sobrevivência de quem ele deve atender, o ser humano? A educação do profissional engenheiro não necessita de um apoio interdisciplinar em seu currículo para orientá-lo quanto a estas necessidades básicas, pessoais e sociais, do ser humano? Não lhe é importante possuir uma maior fundamentação em educação ambiental (análise ecológica e comportamental)? E em relações interpessoais (psicologia da comunicação – verbal e não verbal)?

Odum (1983; 1988), um dos maiores divulgadores da Ecologia, baseia sua opinião na de vários engenheiros para suas conclusões relativas a superpopulação, principalmente os do Clube de Roma (Meadows *et al.*, 1972; Cohen, 1995), graças à visão prática na resolução de problemas que eles possuem, abrangendo toda a gama de variáveis relacionadas ao tema (habitação, transporte, distribuição de água e energia, saneamento, administração e controle dos recursos renováveis e não-renováveis, paisagismo, laser, infra estruturas de todo tipo, dentre outros). Para a modelagem destes sistemas dinâmicos não lineares, de difícil previsão, eles desenvolveram também ferramentas computacionais de simulação muito amigáveis com o usuário, como o STELLA[®] (Richmond *et al.*, 1987), que pode ser usado em várias áreas do conhecimento, propiciando a auto-aprendizagem (Santos, 1995; Almeida, 1999), beneficiando como consequência o setor educacional.

A presente proposta implica em organizar uma estrutura que motive a flexibilidade curricular possibilitando ao estudante de engenharia cursar disciplinas em outras áreas de conhecimento que não as Exatas, conforme a área de atuação desejada.

2. A ETOLOGIA

Etologia é uma ciência biológica que estuda de modo comparativo o *comportamento* de seres vivos, onde os processos *instintivos* e *aprendidos* são discernidos e analisados sob enfoque evolutivo (Eibl-Eibesfeldt, 1974; Lorenz, 1993). Seu estudo baseia-se na análise da anatomia (forma) (Lozano Cabo, 1970), fisiologia (função) (Alderdice, 1972), genética (incorporação de

adaptações) (Futuyma, 1992), ecologia (diversidade de situações) (Olivier, 1981; Odum, 1983) e sistemas dinâmicos (análise da entropia, estabilidade e evolução) (Farmer & Packard, 1985).

A Engenharia aplica estes mesmos conceitos na elaboração de suas obras: desenho (forma) x ergonomia (função), testa/fabrica novos materiais (adaptações) (Hahn, 1994), diversifica suas construções em micro/macro escala de acordo com as diferentes condicionantes físico-químicas, propicia a estabilidade ambiental aplicando a reciclagem biogeoquímica de vários materiais, evitando os efeitos danosos da poluição (entropia), melhorando nossa Qualidade de Vida (evolução) (Menon, 1994). O planejamento da execução de tarefas envolve dimensionamento apropriado nas escalas de tempo e de espaço, para obtenção do maior rendimento (equilíbrio dinâmico do sistema).

Etologia é, em suma, análise do *movimento*, tanto aquele que é executado como o que é potencial. A tecnologia não existiria sem as mãos humanas para o manuseio de ferramentas (comportamento), estrutura única no Reino Animal que levou milhões de anos para evoluir, habilitando-nos a engendrar tanto no mundo do átomo (micro escala) como do Universo (macro escala). Paradoxalmente, na busca de uma resultante especializada, a evolução formou em conjunto com nosso cérebro uma mão de características generalistas, capaz de agir em múltiplos setores em função de suas proporções (forma) matematicamente definidas (regra áurea e seqüência de Fibonacci), aumentando nossas habilidades de sobrevivência (Sagan, 1977).

Os movimentos evoluíram em função da simetria (forma), capacidade de análise, transmissão e coordenação de sinais do sistema nervoso (controle), aprimoramento da recepção de informações de curta e longa distância pelos órgãos sensoriais (reconhecimento ambiental) e do poder de resolução das estruturas efectoras (processo comportamental). Os engenheiros procuram imitar a eficácia desta estratégia, testada há milhões de anos pela evolução, no planejamento e construção de suas máquinas, para complementar a execução de nossas próprias tarefas cotidianas de sobrevivência. Assim, por exemplo, os veículos possuem uma dada forma (variabilidade), dependem de vários sistemas de controle (direção, velocidade, entrada de combustível no motor, consumo da bateria, ...), estão equipados com espelhos retrovisores, vidros, blindados ou não, com filtros e de ampla visão, sonares, radares, GPS ... (senso de localização espacial), acionando efetores (rodas de madeira, de pneus, de ferro, motores ...) contra substratos de diversos tipos (água, solo, pedras, asfalto, vácuo espacial, ...), nos dando segurança (blindagem, cintos de segurança, *air-bags*, ...) de locomoção (habilidade de dispersão). Somos enfim uma espécie cosmopolita graças a esta habilidade de movimento, facilitado pela aplicação tecnológica das Engenharias que tipicamente lidam com a dinâmica, como a Mecânica, a Elétrica, a Naval e a Aeroespacial (Giacaglia, 1994).

Mesmo em engenhos estáticos, como na Engenharia Civil, deve-se levar em conta as necessidades de mobilidade humana, como o planejamento do fluxograma de elevadores nos edifícios muito altos, em função da rotatividade do pessoal aos diferentes locais de acesso. Para a manutenção de *comportamentos sociais* adequados torna-se importante perceber sensações agradáveis tanto no trajeto vertical como no percurso ao longo do ambiente, limitações provindas de nossa própria fisiologia, além de sermos afetados pelo *efeito de grupo* (basta alguns começarem a reclamar que outros se juntarão, até que se forme um turbilhão) (Jacobs & Spradlin, 1974; Ruse, 1983). Tais circunstâncias de qualidade de atendimento conforme a estratégia arquitetônica do ambiente repetem-se em bancos, restaurantes universitários, aeroportos, hospitais, lojas de departamentos, ..., onde cada indivíduo tem o direito de sentir-se bem, conforme a infra estrutura gerada, apesar do progressivo aumento da população a ser atendida (Cockburn, 1988). Afinal, quem gosta de ficar retido em filas ou a espera que algum equipamento volte a funcionar? As *reações de pânico* nestes edifícios quando ocorre um terremoto (como no

Japão) podem ser amenizadas quando eles são projetados com um certo grau de maleabilidade (resistência dos materiais, Hahn, 1994), tanto em função do vento como do tipo de substrato onde estão inseridos, propiciando que mais pessoas se desloquem e se salvem em função do menor desconforto (náuseas) dos *receptores sensoriais*.

A Engenharia Química e a de Alimentos transformam diferentes matérias primas em produtos de subsistência necessários ao nosso cotidiano, vinculando várias reações aos nossos sentidos organolépticos. Os melhores sensores, contudo, continuam sendo do nosso próprio corpo, base para o controle de qualidade de qualquer produto fabricado, tanto que são vários os setores industriais que dependem de seus testadores (degustadores, cheiradores, cinestésicos, auditivos e visuais). Todo o marketing dos produtos de limpeza, cosméticos, desodorantes, perfumaria, embalagens, revestimentos, ..., baseia-se em agradar um ou vários receptores sensoriais. Os pigmentos das tintas permitem um *mimetismo* de nossas roupas, moradias, equipamentos, ..., adaptando nossas funções às exigências do ambiente, como os trajes militares de camuflagem na selva. Porque preferimos uma macarronada amarela, no máximo vermelha ou verde (de legumes, não de mofo), e não azul? A indústria preocupa-se em atender o senso comum, conforme a cultura vigente, mas também de acordo com nossas preferências sensoriais, as quais devem ser conhecidas e atendidas para satisfazer as necessidades do público consumidor (Ianni, 1994; Sachs, 1994).

A Engenharia de Segurança talvez seja a que mais necessita estudar os fundamentos da Etologia, pois lida diretamente com os limites comportamentais do ser humano, em todas as faixas etárias e de ambos os sexos. Tendo como uma das funções salvar vidas, é imprescindível conhecer as reações básicas dos indivíduos sob tensão, contra incêndios por exemplo, ou em lazer (quando o descuido é mais provável) como num parque de diversões. Deve-se saber avaliar a qualidade do desempenho humano (eficiência) em várias de suas habilidades (motora, emocional, raciocínio lógico ou artístico, rendimento na produção ...) conforme o horário do dia (*ritmo circadiano*), para que as decisões possam ser tomadas nos momentos mais apropriados, afim de minimizar as ditas 'falhas humanas'. Estes comportamentos são mais estudados pela *Cronobiologia*, uma subdivisão da Etologia, com aplicação em vários setores, como os administrativos (gerência, recursos humanos, planejamento, vendas, ...), ou que trabalham em turnos, onde um erro pode causar grandes catástrofes (controladores de voo, de ferrovias, de trânsito, de subestações elétricas ou de usinas nucleares, ...) (Cloudsley-Thompson, 1980; Cipolla-Neto *et al.*, 1988).

Todas as Engenharias se dão conta do quão é importante conhecer os comportamentos humanos quando os limites são desviados da normalidade, como é o caso de atendimento com qualidade aos deficientes físicos e/ou mentais (atitudes comparativas).

Para o entendimento da análise comportamental e a pertinência de sua informação para os Engenheiros, propõe-se o seguinte conteúdo programático (Chapple, 1972; Lorenz & Leyhausen, 1973; Eibl-Eibesfeldt, 1974; Ruse, 1983; Lorenz, 1993):

- 1) Definição, divisões, relação com as ciências básicas, histórico; Descrição e classificação do comportamento: Etograma; Metodologias e equipamentos de estudo. O processo comportamental; Análise estatística da unidade comportamental.
- 2) Controle do movimento: fenômeno proprioceptivo; Padrão fixo de ação (FAP) - propriedades e características fisiológicas; Instinto, reflexos e taxias: técnica do isolamento, comportamento no vácuo; Mecanismo liberador inato (MLI); Soma heterogênea de estímulos.

- 3) Fatores motivadores: estímulo efetivo, sinal e supernormal, reações em cadeia; Efeitos subliminares; Modelo hidráulico de motivação e do impulso de Deutsch; Seleção genética e sexual; Efeito de Bruce; Estratégias evolutivas estáveis (EEEs); Teoria dos Jogos (*Tit-for-Tat*).
- 4) Estímulos: classificação, respostas a estímulos constantes, hormônios, feromônios, metodologia do estudo da ação hormonal sobre o comportamento; Retroalimentação; Estresse.
- 5) Movimentos de expressão e sinais sociais: origem e classificação; Relações intra e inter específicas: custo-benefício energético; Fatores inibidores; Filogenia da reprodução e cortejamento; Proteção parental; Adaptações em laboratório: testes com modelos – metodologias e critérios.
- 6) Mimetismo: tipos e efeitos; Análise da forma x função; Ação de parasitas; Modelos naturais e construções protetoras; Micro-ecologia e fractais; Comportamento conflictivo: Teoria das catástrofes; Distância individual e de fuga: Metabolismo e implicações ecológicas.
- 7) Genética e organização do comportamento; Análise de híbridos; Gestos de paz; Filogenia e ontogenia do comportamento: ação da metamorfose, adaptações migratórias e ocupação de estratos ecológicos.
- 8) Orientação e controle da posição: evolução do sistema nervoso e sensorial; Classificação e coordenação dos movimentos; Estímulos orientadores; Reação dorsal e ventral à luz; Teste das duas fontes; Adaptações em diferentes ambientes.
- 9) Territorialidade; Comportamento agonístico e agressivo; Tendências a permanência local e migrações: conseqüências evolutivas. Transplantes e introduções: conseqüências ecológicas; Estratégias de dispersão.
- 10) Espontaneidade e ritmicidade; Relógios biológicos; Fatores de sincronismo ecológico em diferentes ambientes; Análise dos principais grupos de organismos estudados.
- 11) Aprendizagem: tipos e características; Técnicas de condicionamento; Capacidade animal para aprender e raciocínio; Ação e uso de drogas; Efeito de anestésicos.
- 12) Estampagem, habituação, memória e inteligência; Limiares sensoriais de excitação; Testes de sensibilidade e resolução sensorial; Habilidade na solução de dilemas.
- 13) Grupos: classificação, evolução, vantagens ecológicas, aplicações sociais; Dominância e inversão entre sexos; Evolução do reconhecimento individual e do contato.
- 14) Efeitos densos dependentes no comportamento de grupo; Homeostasia e conseqüências fisiológicas; Controle populacional; Fatores compensadores; Efeito Tobi-kol.
- 15) Aplicações em hidrografia; Conceitos de biônica.

Para efeitos didáticos, recomenda-se aos professores de Etologia, que forem trabalhar com os cursos de Engenharia, que cada unidade seja acompanhada de práticas simples de observações comportamentais, ao vivo ou em filmes, caracterizando a relevância de sua aplicação na área.

Esta bagagem integrada de conhecimentos possibilita encontrar soluções não apenas para a área técnica, mas envolver na resolução dos problemas soluções de ordem social-político-econômico e ecológico (Kaill, 1978; Roederer, 1978; Farrington *et al.*, 1982; Ruse, 1983), como a proposta de Betito (1999) com relação ao setor pesqueiro do Rio Grande do Sul, baseada nos conceitos de pesca cultivo dependente (Hanamura, 1976).

3. A BIÔNICA

Vários são os exemplos conhecidos de interação entre a Etologia e a Engenharia (Gerardin, 1968; Gomes, 1985), unindo principalmente a eletrônica, a mecânica, as neuro-ciências, a informática e o desenvolvimento de materiais nas concepções da Biônica e da Robótica:

- no desenvolvimento da instrumentação médica (auscultação obstétrica) (Natvig, 1993; Malnic, 1994) e bélica pela observação de morcegos (radares) e golfinhos (sonares) com o uso de ultra som;
- aplicação da termografia na localização de tumores cancerígenos, padrões de atividade cerebral, focos de esforço no desempenho físico, imitando a ação das fossetas olfativas das cobras;
- navios, submarinos e torpedos com hidrodinâmica baseada na natação e mergulho das baleias;
- aerodinâmica de aviões de diferentes portes e velocidades, pela observação de diversas estruturas nas aves, principalmente as de rapina (caças a jato);
- projetos de helicópteros baseados em libélulas e beija-flores;
- refrigeração de plantas industriais usando o mesmo princípio de equilíbrio termodinâmico do sistema contra corrente na circulação dos membros locomotores de mamíferos aquáticos;
- construções civis aproveitando conceitos de arquitetura ecológica baseada em colmeias e cupinzeiros, com controle da refrigeração, temperatura e umidade ambiental com o menor gasto de energia, apesar das variações meteorológicas diárias e sazonais;
- fabricação de novas tintas/revestimentos baseados em bioluminescência;
- estratégias visuais de marketing e de propaganda (condicionamentos) fundamentados na percepção de estímulos sinais, supernormais ou mesmo subliminares;
- a vigilância eletrônica procura incorporar a função de vários receptores sensoriais, como a íris dos olhos para a identificação pessoal em bancos ou locais restritos, transdutores de detecção de gases ou explosivos, de pressão, umidade e temperatura para o controle de ambientes, ...
- aplicações sensoriais junto a realidade virtual, como ferramenta de treinamento em vários setores técnicos ou de lazer, dentre vários outros.

4. A NECESSIDADE DA INTERDISCIPLINARIDADE

A Etologia (de *ethos* = caráter) interpreta a importância dos comportamentos das diferentes espécies, inclusive da nossa. Nas questões éticas do desenvolvimento entre Ciência & Tecnologia sabe-se que as ferramentas são em si neutras, como uma faca, a seringa de injeção ou a energia atômica ..., seu uso é que envolve uma necessidade de discernimento coerente sobre a moral para sua aplicação pessoal ou social, conforme o local e a cultura vigente (interação entre genética, ecologia, psicologia e progresso) (Olivier, 1981; Cordani, 1994; Ianni, 1994; Silva Filho, 1994). A evolução de nossa Qualidade de Vida depende disto!

Com a supremacia de políticas econômicas, de curta visão, nas decisões diárias nas sociedades modernas (Sachs, 1994), frontalmente contrárias aos ensinamentos de preservação do equilíbrio psicológico (Adler, 1955; Del Nero, 1997) e ambiental (Betito, 1999), não se leva em consideração (talvez nunca se tenha levado) as conseqüências sociais do comportamento competitivo entre os homens (Odum, 1983; Lorenz, 1988). O Relatório do Grupo de Lisboa insurge-se contra a ideologia da competitividade como única forma de desenvolvimento (em confronto com a cooperação), mostrando seus limites (in: Sachs, 1995). Com o avolumar destes eventos, manifesta-se o paradigma da “Tragédia do Bem Comum” (Hardin, 1968; Schumacher, 1973; Almeida & Betito, 2000), gerando problemas de conflito de interesses em vários setores da Sociedade (Kuppermann, 1994). O comportamento de cada ser humano é levado, assim, a limitar suas preocupações às necessidades momentâneas e de seu entorno imediato, tirando-lhe a consciência de sua importância no todo (holismo), no tempo e no espaço (Meadows *et al.*, 1972), incapacitando-o ao exercício da consciência crítica, gerando as ‘falsas consciências’ (Fromm, in:

Tassara & Damergian, 1996) tão perniciosas a qualidade de vida de todos nós (Lorenz, 1988; Ianni, 1994; Lampreia, 1995).

Existem dois critérios complementares para a abordagem da relação homem-natureza: o científico e o ético. A biologia/ecologia não se preocupa com os comportamentos éticos, morais, religiosos ou políticos (Branco, 1995), uma vez que estes não fazem parte do patrimônio genético que qualifica as ações de sobrevivência biológica das espécies (Dawkins, 1979; Futuyma, 1992). Os ecossistemas são estruturas fractais ordenadas, que dependem do equilíbrio de um fluxo de energia (Frontier, 1987; Sugihara & May, 1990), no qual estamos inseridos. Utilizando-se dos conceitos de Eigen & Schuster (1979), Prigogine (1980) e de Schrödinger (1986) a ordenação dos elementos de cada sistema tende a assegurar a mínima geração de entropia ao longo das transferências de matéria e energia. Todos os seres vivos aí incluídos são, conseqüentemente, moldados com uma estrutura física (morfologia), que possui atividade metabólica (fisiologia) (forma x função) (Thompson, 1961; Lozano Cabo, 1970; Thom, 1972; Murray, 1989), evolução e relações multifatoriais com o meio biótico-abiótico (Alderdice, 1972) caracterizadas por um fluxo de entropia negativa (ecologia), reagindo a este meio (comportamento). Esta noção nos leva à compreensão da natureza, da necessidade dinâmica de uma solidariedade intrínseca, entre todos os elementos que a compõem, de modo que nenhum ser vivo tem existência independente dos demais e do meio físico (Lamarck, 1988).

A Engenharia e a aplicação de sua tecnologia devem ser éticos (Schumacher, 1973). O dever é uma ação prescrita, de conteúdo formal, resultando na construção de uma moral que, portanto, é exclusiva do ser humano (Branco, 1995). Quando efetua-se um comportamento instintivo, há uma regra necessária à sobrevivência, mas não é uma obrigação, pois esta pressupõe liberdade de escolha (Glasser, 1998). Nas sociedades humanas, contudo, devido a nossa grande capacidade de aprendizagem que subjuga nossos instintos, torna-se necessário ditar as obrigações que mantenham esta sociedade. Estas obrigações (deveres) são atos (espontâneos ou não, racionais ou não) de submissão do homem à sociedade e não à Natureza, ou seja, os fins morais são aqueles que têm por objeto uma sociedade (Durkheim, in: Branco, 1995). O equilíbrio das sociedades é, portanto, de natureza sociológica, comportamental, e não ecológica. O seu próprio meio ambiente é artificial, construído via tecnologia, criado visando unicamente o fim social. Beneficia-se do equilíbrio natural, mas não participa dele, não o percebe, apesar de depender dele. “A lógica da obrigação social é a lógica da reciprocidade” (Delattre, in: Branco, 1995).

Deve-se, portanto, reconhecer a importância e a necessidade de unir estas duas áreas de conhecimento, separadas em objetivos acadêmicos porém complementares na nossa formação como cidadãos. Isto somente beneficiará nosso entendimento sobre as formas de interdependência entre os efeitos terrestres globais (ecologia) e nossos comportamentos (adaptativos e sociais) nas tentativas de solucionar problemas locais (Lemos, 1993; Bressan, 1994; Vargas, 1996).

Referências

- ADLER, A. **El sentido de la vida**. Barcelona: Miracle, 1955. 293p.
- ALDERDICE, D.F. **Factor combinations - responses of marine poikilotherms to environmental factors acting in concert**. In: O. Kinne (Ed.), *Marine Ecology*, Wiley-Interscience, London, vol. 1, part 3, 1972. p.1659-1722.

- ALMEIDA, Tabajara Lucas de. **Qualidade e Produtividade em sala de aula: um enfoque nas relações interpessoais**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, 1999. 247 p.
- ALMEIDA, T.L.; BETITO, R. **Educação, Sistemas Dinâmicos, Tragédia do Bem Comum e Conscientização**. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. (2000 : Ouro Preto). **Anais**. (submetido).
- ALMEIDA, T.L.; BETITO, R. ; Cury, H. N. **Mapas mentais, Poeira de Cantor e Interdisciplinaridade**. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. (2000 : Ouro Preto). **Anais**. (submetido).
- BANDLER, R.; GRINDER, J. **The structure of magic : a book about language and therapy**. Califórnia : Science and Behavior Books, 1975. 225p.
- BETITO, Robert. **Análise comparativa das estratégias de dinâmica populacional entre dois peixes 'r' estrategistas (Jenynsia lineata e Poecilia vivipara) (Cyprinodontiformes), no estuário da Lagoa dos Patos (RS/Brasil)**. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- BRANCO, S.M. **Conflitos conceituais nos estudos sobre meio ambientes**. Estudos Avançados, USP, 9(23) 1995. p.217-233.
- BRESSAN, D.A. (Ed.). **Educação ambiental**. Revista Ciência e Ambiente, (UFMS), (8) 1994.116p.
- BRONOWSKI, J. **O senso comum da ciência**. Belo Horizonte : Itatiaia, 1990. 126p.
- CHAPPLE, E.D. **El hombre cultural y el hombre biológico. Antropología de la conducta**. Agencia para el Desarrollo Internacional, México : Pax, 1972. 439p.
- CIPOLLA-NETO, J.; MARQUES, N.; MENNA-BARRETO, L.S. **Introdução ao estudo da Cronobiologia**. São Paulo : Ícone, 1988. 270p.
- CLOUDSLEY-THOMPSON, J.L. **Biological clocks, their functions in nature**. London : G. Weidenfeld and Nicolson, 1980. 138p.
- COCKBURN, A. **Social behavior in fluctuating populations**. London : Croom Helm, 1988. 240p.
- COHEN, J. **On human carrying capacity: a review essay on Joel Cohen's *How many people can the earth support?*** New York : W.W. Norton, 1995. 532p.
- CORDANI, U.G. **A ciência aplicada e o progresso social**. Estudos Avançados, USP, 8(20) 1994. p.7-9.
- CORDANI, U.G. **As ciências da Terra e a mundialização das sociedades**. Estudos Avançados, USP, 9(25) 1995. p.13-27.
- DAWKINS, R. **O gene egoísta**. São Paulo: EDUSP, 1979. 230 p.
- DEL NERO, H.S. **O sítio da mente. Pensamento, emoção e vontade no cérebro humano**. São Paulo : Collegium Cognito, 1997. 510p.
- EIBL-EIBESFELDT, I. **Etologia, introducción al estudio comparado del comportamiento**. Barcelona : Omega, 1974. 643p.
- EIGEN, M.; SCHUSTER, P. **The hypercycle, a principle of natural self-organization**. Berlim : Springer-Verlag, 1979.
- FARMER, J.D.; PACKARD, N.H. **Evolution, games, and learning: models for adaptation in machines and nature**. Introdução aos Anais da Conferência, Centro de Estudos Não-Lineares, Los Alamos (U.S.A.). 1985.
- FARRINGTON, J.W.; TRIPP, B.W.; DAVIS, A.C. **The application of scientific information to an enviro-economic problem: the scientist's perspective**. Atlântica, Rio Grande, 5(2) 1982. p.43.

- FRONTIER, S. **Applications of fractal theory to ecology**. NATO ASI Series, Vol. G14: 335-378, Developments in Numerical Ecology, P. Legendre & L. Legendre (Eds.), Springer-Verlag, Berlin, 1987.
- FUTUYMA, D.J. **Biologia evolutiva**. Ribeirão Preto : Sociedade Brasileira de Genética, CNPq, 1992, 646p.
- GERARDIN, L. **La biónica**. Madrid : Guadarrama, , 1968. 251p.
- GIACAGLIA, G.E.O. **A indústria aeroespacial: questões econômicas, tecnológicas e sociais**. Estudos Avançados, USP, 8(20) 42-50. 1994.
- GLASSER, W. **Choice theory : a new psychology of personal freedom**. New York : Harper Collins, 1998.
- GOLEMAN, D. **Inteligência emocional**. Rio de Janeiro : Objetiva, 1995. 370p.
- GOMES, L.V.N. (org.). **Biônica e atividade projetual : textos básicos**. COPPE/UFRJ, PDD-07/88, Rio de Janeiro, 1985. 129p.
- GOMES, L.V.N. **Desenhando : um panorama dos sistemas gráficos**. Santa Maria : UFSM, 1998, 172 p.
- HAHN, S. **Os papéis da ciência dos materiais e da engenharia para uma sociedade sustentável**. Estudos Avançados, USP, 8(20) 36-42. 1994.
- HANAMURA, N. **Advances and problems in culture-based fisheries in Japan**. In: T.V.R. Pilay & Dill, Wm.A. (Eds.), Advances in Aquaculture, FAO Tech. Conf. on Aquacult., Kyoto, Fishing News Books, 1976. p.541-547.
- HARDIN, G. **The tragedy of the commons**. Science, 162: 1243-1248. 1968.
- IANNI, O. **Globalização : novo paradigma das ciências sociais**. Estudos Avançados, USP, 8(21) 147-163. 1994.
- JACOBS, A.; SPRADLIN, W.W. (Eds.),. **The group as agent of change : Treatment, prevention, personal growth in the family, the school, the mental hospital and the community**. New York : Behavioral, 1974. 463p.
- KAILL, W.M. **Alaska's private nonprofit hatchery program : a social experiment**. Proc. 29° Alaska Sci. Conf., Alaska fisheries: 200 years and 200 miles of change, Fairbanks, 1978, p.455-458.
- KUPPERMANN, A. **Investimentos em ciência e tecnologia**. Estudos Avançados, USP, 8(20) 18-22. 1994.
- LAMARCK, J.B. **Système analytique des connaissances positives de l'homme**. Paris : Presses Universitaires de France, 1988.
- LAMPREIA, L.F. **Relatório brasileiro sobre desenvolvimento social**. Estudos Avançados, USP, 9(24) 9-74. 1995.
- LEMONS, H.M. **O meio ambiente e o desenvolvimento sustentável**. IMAGO MARIS, Rio Grande, 1(2) 33p. 1993.
- LORENZ, K. **Os oito pecados mortais do homem civilizado**. São Paulo : Brasiliense, 1988. 116p.
- LORENZ, K. **Os fundamentos da Etologia**. São Paulo : UNESP, 1993. 466p.
- LORENZ, K.; LEYHAUSEN, P. **Motivation of human and animal behavior : an ethological view**. New York : Van Nostrand Reinhold, 1973. 423p.
- LOZANO CABO, F. **Oceanografia, biologia marina y pesca**, Tomo I. Madrid : Paraninfo, 1970. 339p.
- MALNIC, G. **As ciências biomédicas básicas na solução de problemas de saúde**. Estudos Avançados, USP, 8(20) 33-35. 1994.

- MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J.; BEHRENS, W.W. **The Limits to Growth:** a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. New York : Universe Books, 1972. 205p.
- MENON, M.G.K. **O que a ciência pode fazer pelo desenvolvimento sustentável?**. Estudos Avançados, USP, 8(20) 10-14. 1994.
- MONOD, J. **O acaso e a necessidade**. Ensaio sobre a filosofia natural da biologia moderna. Rio de Janeiro : Vozes, 1971. 219 p.
- MURRAY, J.D. **Mathematical biology**. Biomathematics 19. Berlin : Springer-Verlag, , 1989. 767p.
- NATVIG, J.B. **Immunology in a changing world** : the role of applied science and technology for a sustainable society. São Paulo : IEA, 1993. p.80-84.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro : Guanabara, 1983. 434p.
- ODUM, H.T. **Energy, environment and public policy. A guide to the analysis of systems**. UNEP, Regional Seas Reports and Studies, (95) 109p. 1988.
- OLIVIER, S.R. **Ecologia y subdesarrollo en America Latina**. Mexico : Siglo Veintiuno. 1981. 225p.
- PRIGOGINE, I. **From being to becoming: time and complexity in the physical sciences**. New York : Freeman, 1980.
- RICHMOND, B.; PETERSON, S.; VESCUSO, P. **An academic user's guide to STELLA**. New York : High Performance Systems, 1987. 392p.
- ROEDERER, J.G. **What's wrong with science and technology**. Proc. 29° Alaska Sci. Conf., Alaska fisheries: 200 years and 200 miles of change, Fairbanks, 1978. p.33-36.
- RUSE, M. **Sociobiologia: senso ou contra-senso?** São Paulo : EDUSP, 1983. 255p.
- SACHS, I. **O problema da democracia econômica e social**. Estudos Avançados, USP, 8(21) 7-20. 1994.
- SACHS, I. **Em busca de novas estratégias de desenvolvimento**. Estudos Avançados, USP, 9(25) 29-63. 1995.
- SAGAN, C. **Os dragões do Éden**. São Paulo : Círculo do Livro, 1977. 220p.
- SANTOS, A.C.K. **Introdução à modelagem computacional na educação**. Rio Grande : FURG, 1995. 147p.
- SCHENBERG, M. **Formação da mentalidade científica**. Estudos Avançados, USP, 5(12) 123-151. 1991.
- SCHRÖDINGER, E. **Qu'est-ce que la vie?** : de la physique à la biologie. Paris : Christian Bourgeois (Ed.), 1986.
- SCHUMACHER, G.F. **Small is beautiful**. New York : Harper & Row, 1973.
- SILVA FILHO, R.L.L. **Ciência e tecnologia** : o problema da criação de capacidade no terceiro mundo. Estudos Avançados, USP, 8(20) 14-18. 1994.
- SUGIHARA, G. ; MAY, R.M. **Applications of fractals in ecology**. TREE, 5(3) 79-86. 1990.
- TASSARA, E.T.O. ; DAMERGIAN, S. **Para um novo humanismo: contribuições da Psicologia Social**. Estudos Avançados, USP, 10(28) 291-316, 1996.
- THOM, R. **Stabilité structurelle et morphogénèse** : essai d'une théorie générale des modèles. W.A. Benjamin, Advanced Book Program Reading, Mass., 1972. 362p.
- THOMPSON, D'ARCY W. **On growth and form**. London : Cambridge Univ., 1961. 346p.
- THUILLIER, P. **La science d'aujourd'hui est-elle dans une impasse?**. La Recherche, 15(153) 380-384. 1984.
- VARGAS, J.I. **Energia como fator limite para o desenvolvimento sustentável**. Estudos Avançados, USP, 10(27) 295-306. 1996.