



episteme

filosofia e história das ciências em revista

ISSN 1413-5736

n.11 jul./dez. 2000



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
ILEA/ Grupo Interdisciplinar em Filosofia e História das Ciências

Episteme

Publicação do

GRUPO INTERDISCIPLINAR EM FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

Instituto Latino-Americano de Estudos Avançados

Programa de Apoio a Grupos Interdisciplinares – PROPSQ/UFRGS

n. 11 jul./dez. 2000.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Reitora: Wana Panizzi

Vice-Reitor e Pró-Reitor de Ensino: José Carlos Ferraz Hennemann

Pró-Reitor de Pesquisa: Carlos Alexandre Netto

Vice-Pró-Reitora de Pesquisa: Marininha Aranha Rocha

Instituto Latino-Americano de Estudos Avançados

Diretor: Paulo Gilberto Fagundes Vizentini

Episteme:

Editora: Anna Carolina K. P. Regner

Comissão Editorial: Aldo Mellender de Araújo, Alfredo Veiga-Neto, Anna Carolina K. P. Regner e Rualdo Menegat.

Conselho Editorial: Alberto Cupani (UFSC/SC, Brasil); Ana Maria Alfonso Goldfarb (PUC/SP, Brasil); Attico Chassot (UNISINOS/RS, Brasil); Caetano Ernesto Plastino (USP/SP, Brasil); Carlos Arthur Nascimento (UNICAMP/SP, Brasil); Eduardo Antonio Rabossi (Universidad de Buenos Aires/Argentina); José Luis Goldfarb (PUC/SP, Brasil); Mario Otero (Universidad de la Republica/Uruguai); Michael Ruse (Florida State University, Estados Unidos); Rejane Maria de Freitas Xavier (MINC/Brasília, Brasil); Roberto de Andrade Martins (UNICAMP/SP, Brasil); Timothy Lenoir (Stanford University, Estados Unidos); Thomas Glick (Boston University, Estados Unidos); Ubiratan D'Ambrósio (PUCSP/SP, Brasil); Victor Rodrigues (Universidad Nacional de Córdoba/Argentina).

Capa de: Carla Luzzatto

Editoração Eletrônica: ComTexto Editoração Eletrônica

Apoio:

PROGRAMA DE APOIO À EDITORAÇÃO DE PERIÓDICOS / UFRGS



Periodicidade: semestral

Tiragem: 1.000 exemplares

Forma de aquisição: R\$ 12,00 (ver “como adquirir” em <http://www.ilea.ufrgs.br/episteme/> ou contatar endereço, telefone, fax ou e-mail abaixo)

GRUPO INTERDISCIPLINAR EM FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS AVANÇADOS/UFRGS

Campus do Vale, Prédio 43 322 sala 104 - Av. Bento Gonçalves, 9500

Porto Alegre, RS 91509-900 Brasil - Fax (51) 316-7155 e 316-7156

Fones (51) 316-6941 e 316-6945

E-mail: gifhc@ilea.ufrgs.br

URL: <http://www.ilea.ufrgs.br/gifhc>

<http://www.ilea.ufrgs.br/episteme/>

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS AVANÇADOS
GRUPO INTERDISCIPLINAR EM FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

EPISTEME

FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS EM REVISTA

Episteme, Porto Alegre, n. 11, jul./dez. 2000.

Episteme / Grupo Interdisciplinar em Filosofia e História das Ciências.
n. 11 jul./dez. 2000.

Porto Alegre: ILEA / UFRGS, 1996 -

ISSN 1413-5736

1. Filosofia. 2. Epistemologia. 3. História da Ciência.
4. Filosofia da Ciência. 5. Sociologia da Ciência.

Catlogação na publicação: Biblioteca Setorial de Ciências
Sociais e Humanidades.

Bibliotecária: Maria Lizete Gomes Mendes - CRB 10/950

Editorial	05
Entrevista: Conversando com Roberto de Andrade Martins <i>Anna Carolina K. P. Regner</i>	07
Imanência e transcendência na evolução biológica: a visão de Theodosius Dobzhansky <i>Aldo Mellender de Araújo</i>	21
A Revista Brasileira de Mathematica (1929-193?) <i>André Luís Mattedi Dias</i>	37
Wittgenstein y los paradigmas de Kuhn <i>César Lorenzano</i>	57
A trajetória metafísica da teoria da ascendência <i>Daniel Sander Hoffmann</i>	69
Florentino Ameghino y la posible degeneración del homo sapiens <i>Leonardo Salgado y Pablo F. Azar</i>	101
Um matematico portugues no Brasil: Francisco de Borja Garção Stockler e o <i>Methodo inverso dos limites, ou desenvolvimento geral das funções algorithmicas</i> (1818-1824) <i>Luís M. R. Saraiva</i>	119
Ecology, the subversive science? <i>Robert E. Ulanowicz</i>	137
O conceito de <i>Natureza</i> na História do pensamento ocidental <i>Thomas Kesselring</i>	153
Resenha – Uma fecunda homenagem <i>Alberto Cupani</i>	173

EPISTEME: FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS *EM REVISTA* oferece seu número 11 trazendo a seus leitores artigos representativos das diferentes pautas de questões com que se tem ocupado essa área de pesquisa entre nós, bem como das diferentes procedências de nossos colaboradores, cobrindo um espectro que de há muito excedeu nossas fronteiras locais. Aproveitamos a oportunidade para registrar mais um simpósio internacional promovido pelo grupo responsável pela publicação de EPISTEME, Grupo Interdisciplinar em Filosofia e História das Ciências (GIFHC) do Instituto Latinoamericano de Estudos Avançados da UFRGS, em co-promoção com o Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular/UFRGS e do Programa de Pós-Graduação em Psicologia Social e Institucional/UFRGS. Trata-se do simpósio internacional *Novos rumos da ciência: auto-organização e sistemas biológicos complexos*, que teve lugar na UFRGS, Porto Alegre, de 9 a 11 de outubro de 2000, dos quais participaram Bernd-Olaf Küppers (Depto. de Filosofia da Universidade de Jena, Alemanha), Jorge Mpodozis Marín (Depto. de Biologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Chile, Chile), Juan Manuel Torres (Depto. de Humanidades da Universidade Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina), Nelson Monteiro Vaz (Depto. de Bioquímica e Imunologia do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, Brasil), Robert E. Ulanowicz (Laboratório de Biologia Chesapeake da Universidade de Maryland, Estados Unidos). Neste e nos próximos números de *Episteme*, compartilharemos com nossos leitores, através de entrevistas e artigos, as discussões que marcaram o referido simpósio. Aproveitamos igualmente este número, com o qual encerramos o ano de 2000, para agradecer aos pareceristas *ad hoc* que, com tanto zelo, juntaram-se à nossa Comissão e Conselho Editoriais, auxiliando-nos em nosso trabalho.

Começando com nossa seção de entrevistas, trazemos *Conversando com Roberto de Andrade Martins*, em um diálogo franco com essa figura central à discussão tanto de produção intelectual quanto institucional da área de Filosofia e História das Ciências entre nós.

Examinando questões epistemológicas referenciais no panorama filosófico contemporâneo, temos o artigo *Wittgenstein y los paradigmas de Kuhn*, da autoria de César Lorenzano, proporcionando-nos uma interpretação das relações entre ambos filósofos desde a concepção estruturalista de teorias. Ainda no plano de questões filosóficas de fundo, mas já introduzindo à tematização de um dos filões do presente número, trazemos uma visão de Thomas Kesselring no artigo intitulado *O conceito de Natureza na história do pensamento ocidental*, demarcando o horizonte das reflexões sobre o tema. Esse conceito, por sua vez, ganha um tratamento especial no artigo *Ecology, the subversive science?* da autoria de Robert E. Ulanowicz, em que esse destacado cientista nos leva a pensar sobre a “subversão” metafísica das bases da ecologia contemporânea. O artigo de Ulanowicz reproduz a conferência de abertura

do simpósio *Novos rumos da ciência* acima referido. *Daniel Sander Hoffmann*, em *A trajetória metafísica da teoria da ascendência*, expõe, por sua vez, de modo claro, a evolução do pensamento de Ulanowicz e a “metafísica ecológica” inaugurada por seu pensamento. Voltando-se a questões diretamente ligadas ao homem, *Leonardo Salgado* e *Pablo F. Azar* brindam-nos com as visões “evolucionistas” e antropológicas de Florentino Ameghino e sua teoria degeneracionista, marco importante que encontramos no pensamento argentino ao final do século passado e início daquele que ora finda, em *Florentino Ameghino y la posible degeneración del homo sapiens*. O outro filão que encontramos neste número 11 refere-se à história da Matemática, contemplando nossos leitores com dois interessantes artigos. Um deles nos traz uma “descoberta” das mais significativas e surpreendentes à documentação da história das revistas de Matemática no Brasil. Trata-se do artigo *A Revista Brasileira de Mathematica (1929-193?)* da autoria de *André Luís Mattedi Dias*. O outro, nos traz uma análise reveladora do alcance do raciocínio analítico de um matemático português do século XVIII que começou a escrever sua obra quando viveu no Brasil. Essa análise é apresentada por *Luis M. R. Saraiva* em *Um matemático português no Brasil: Francisco de Borja Garçon Stockler e O Methodo Inverso dos Limites, ou Desenvolvimento Geral das Funções Algorithmicas (1818-1824)*.

Nossa seção de resenhas, por sua vez, traz, como indicado em seu título, *Uma fecunda homenagem*, prestada ao mestre Mário Bunge e destacada por *Alberto Cupani* ao comentar *Tópicos Actuales en Filosofia de la Ciencia. Homenaje a Mario Bunge en su 80º aniversario*, obra organizada por Guillermo M. Denegri e Gladys E. Martinez, Mar del Plata (Argentina): Universidad Nacional de Mar del Plata – Editorial Martin, 2000.

Como de início anunciado, reservamos nosso espaço final para agradecer a colaboração recebida de nosso corpo de pareceristas que, além dos membros de nossa Comissão e Conselho Editoriais, incluíram, neste ano de 2000, a Álvaro Montenegro Valls, André Klaudat, Circe Mary da Silva Dynnikov, Cláudio Maria Osório, Edson Luis André de Sousa, Fernando Lang da Silveira, Hans Flickinger, Hugh Lacey, Lilian Al-Chuyer Pereira Martins, Maria Carolina Santos Rocha, Maria Lúcia Wortmann, Paulo Francisco Estrella Faria, Tania Mara Galli da Fonseca e William Gomes. O respeito à atenciosa leitura e cuidadosos comentários de nossos pareceristas tem norteado o trabalho editorial de *Episteme*. Assim, a Comissão Editorial expressa igualmente seu respeito maior a nossos leitores, muitos dos quais nos acompanham desde o início, agradecendo o apoio e amizade que nos têm proporcionado e que esperamos continuar a merecer.

Anna Carolina K. P. Regner
Editora

Nosso entrevistado deste número é Roberto de Andrade Martins, figura bastante conhecida na área de Filosofia e História da Ciência, com um trabalho que o projeta muito além de nossas fronteiras, realizado aqui e no exterior – com produção de inúmeros livros e artigos e credenciado como árbitro em conselhos editoriais de várias revistas – e a quem muito deve a expansão que essa área vem alcançando no Brasil. Professor do Departamento de Raios Cósmicos e Cronologia do Instituto de Física da Universidade Estadual de Campinas, lá também coordena o Grupo de História e Teoria da Ciência. Mineiro de fala pausada mas incisiva, é bem-conhecido por suas posições bem-definidas e pela seriedade de sua pesquisa. A conversa que trazemos a nossos leitores seguiu o estilo claro e franco de nosso entrevistado, cobrindo questões tanto conceituais quanto operacionais e, mesmo, perspectivas e impasses institucionais na constituição e consolidação da área entre nós. Mais do que isso, contudo, o leitor encontrará, nesta entrevista, uma oportunidade única de conhecer aqueles elementos da história do pesquisador que não apenas o enriquecem como pessoa, mas que se traduzem em estímulo e preciosas indicações para os que buscam o caminho da pesquisa e do ensino na Filosofia e História das Ciências.

Anna Carolina – *Roberto de Andrade Martins, físico de formação, exercendo suas atividades de professor e pesquisador no Departamento de Raios Cósmicos do Instituto de Física da UNICAMP, doutor em filosofia, um de nossos mais proeminentes historiadores da ciência – como você explica os elos dessa trajetória?*

Roberto – Preciso voltar à minha adolescência para explicar a origem desses interesses. Quando estava no primeiro colegial, comecei a me interessar por física por vê-la como uma aplicação da matemática, para a qual eu tinha muita facilidade. Nessa mesma época, encontrei, por acaso, *A evolução da física* – de Einstein e Infeld – em uma feira de livros, e gostei muito desse meu primeiro contato com a evolução dos conceitos científicos. Logo comecei a procurar e a ler outros livros sobre história da física. Também no primeiro colegial tive aulas de filosofia pela primeira vez, com um professor que não devia ter muita experiência com jovens, pois falou sobre a filosofia de Kant em sua primeira aula. As aulas eram quase totalmente incompreensíveis para nós, mas considerei aquilo como um desafio, e comecei a ler tudo o que encontrava sobre filosofia. Ao longo dos anos, esses interesses se mantiveram. Escolhi fazer graduação em física, na USP, mas dedicava grande parte do meu tempo a leituras sobre história da ciência e sobre filosofia. Nesse período, criei uma revista chamada *Protofísica*, onde publicava os resultados de meus estudos.

*Departamento de Filosofia do IFCH/UFRGS e do PPG em Psicologia Social e Institucional/UFRGS. Coordenadora do GIFHC do ILEA/UFRGS, Brasil. E-mail: aregner@portoweb.com.br

Anna Carolina – *E a sua atividade profissional, onde começou?*

Roberto – Após terminar minha graduação lecionei física durante três anos na Universidade Estadual de Londrina, depois ingressei na Universidade Federal do Paraná. Foi lá que comecei a ministrar uma disciplina sobre história da física, sendo assim obrigado a sistematizar meus conhecimentos. Um ano depois, transfiri-me para o Departamento de Filosofia, onde ministrei aulas sobre metodologia científica, filosofia da ciência e evolução do pensamento filosófico e científico. Foi então que comecei a realizar pesquisas “sérias”, publicando meus primeiros artigos. Saindo da UFPR fiquei durante alguns anos trabalhando apenas como pesquisador autônomo, com bolsa do CNPq, desenvolvendo trabalhos em história e filosofia da ciência. Embora não tivesse ainda feito pós-graduação, considero que nessa época meu trabalho já tinha um nível profissional, pois conseguia publicar artigos em boas revistas do exterior – creio que fui o primeiro brasileiro a publicar um artigo no *British Journal for the Philosophy of Science* e a atuar como árbitro dessa revista, por exemplo.

Anna Carolina – *Qual o fator decisivo, ou quais os fatores decisivos, para seu interesse em Filosofia e História da Ciência?*

Roberto – Creio que foram leituras estimulantes. Os primeiros livros sobre história da física que encontrei, depois de *A evolução da física*, foram as obras de George Gamow, que eram bem-escritas, estimulantes – embora fossem meros trabalhos de divulgação. O primeiro livro de filosofia que estudei foi o volume sobre lógica e epistemologia do curso de Régis Jolivet – uma obra antiquada, de tradição escolástica, mas que me colocou em contato com problemas e autores importantes. Logo comecei a procurar obras clássicas, lendo Descartes, Kant, Platão, depois encontrei Nietzsche, Kierkegaard, Sartre... Ia lendo o que encontrava, sem nenhuma orientação. Como não estava seguindo nenhum curso, não tinha a obrigação de ler aquilo que não me atraísse (por exemplo, não gostei de Schopenhauer e simplesmente desisti de lê-lo). Depois, assim como na filosofia todos lêem os clássicos, imaginei que seria natural fazer a mesma coisa no caso da física, e logo que pude comecei a ler Galileu, Newton, etc. Poder “conversar” com os grandes pensadores era um prazer enorme, e foi isso o que me cativou.

Anna Carolina – *Suas contribuições ao desenvolvimento e consolidação da área de Filosofia e História da Ciência no Brasil advêm tanto de seu trabalho individual de pesquisador, como dos recursos que você viabilizou ao trabalho de outros pesquisadores e de sua atuação na institucionalização da área. Vamos começar pelas últimas. O Banco de Dados que você criou das obras publicadas em língua portuguesa sobre História da Ciência, Medicina e Tecnologia de 1500 a 1900 já está bem divulgado nacional e internacionalmente. Mas fale-nos um pouco mais sobre ele – quantos registros possui, como foram/são obtidos, como podem ser acessados? Há alguma coisa que você poderia nos contar dos bastidores não-publicados desse trabalho?*

Roberto – Bem, o início desse projeto foi uma coisa muito curiosa. Eu não tinha muito interesse pela história da ciência brasileira e portuguesa, pois preferia me

dedicar à história conceitual da física, e os autores de língua portuguesa simplesmente não apareciam nesses estudos. No entanto, percebia que era importante resgatar o nosso passado científico, e via a enorme dificuldade com que lutavam alguns pesquisadores que tentavam se dedicar a isso, pela falta de instrumentos de pesquisa. Pensei então que, para que fosse possível fazer uma pesquisa historiográfica de alto nível sobre a ciência portuguesa e brasileira antiga, era necessário dispor de algum tipo de catálogo bibliográfico contendo referências sobre tudo o que tivesse sido publicado pelos autores de língua portuguesa a respeito de temas científicos. Conversando com alguns amigos, chegamos a uma estimativa de que teriam sido publicados no máximo 1.000 livros científicos e técnicos em Portugal e no Brasil, até 1822. Escolhi essa data como limite, inicialmente, por ser um importante marco histórico.

Bem, parecia fácil fazer esse levantamento de 1.000 títulos, e com a ajuda de bolsistas comecei esse trabalho, em 1989, utilizando umas 10 fontes de referência básicas. Os dados obtidos eram anotados em fichas de papel. Depois de pouco tempo, já tínhamos informações sobre mais de 2.000 obras, e percebi que a estimativa inicial estava totalmente errada. Aos poucos, por tentativa e erro, o trabalho foi avançando, e depois de alguns anos já quase não surgiam informações novas – quase todas as informações que eram localizadas eram já conhecidas. Então o projeto foi expandido para abranger também manuscritos, mapas e obras publicadas até 1900 (livros, revistas, artigos). Atualmente, essas informações estão armazenadas em um conjunto de bases de dados, com um total de 80.000 registros. Nos próximos anos, esse número deve chegar a aproximadamente 100.000. Atualmente, no entanto, o maior esforço está sendo dedicado a preparar a colocação das bases de dados na Internet, de tal modo que as informações fiquem disponíveis a todos os interessados.

Anna Carolina – *Quais as principais dificuldades que um projeto dessa envergadura enfrenta?*

Roberto – Não temos tido problemas em conseguir equipamentos, material bibliográfico, viagens, etc. Nossas principais dificuldades são com pessoal. Tento desenvolver esse trabalho com recursos financeiros muito limitados. Não tentei (e penso que não conseguiria) formar uma grande equipe de profissionais para desenvolver esse projeto. Conto, basicamente, com bolsistas de Iniciação Científica e de Aperfeiçoamento (principalmente do CNPq) e digitadores (pagos com recursos da FAPESP). Os bolsistas constituem uma população flutuante, o que dificulta muito o trabalho. Eu diria que este é o ponto central: só poder contar com mão-de-obra não-especializada e com grande rotatividade. Por isso, não tenho possibilidade de compartilhar a responsabilidade intelectual do trabalho. Algumas vezes tive a sorte de ter bolsistas que se empenharam muito e que possuíam iniciativa e boa capacidade de discernimento, mas, em geral, eu próprio preciso identificar e selecionar as informações que serão incorporadas às bases de dados.

Outra dificuldade é a falta de pessoal de informática para dar apoio ao trabalho. Pode parecer incrível que exista esse tipo de dificuldade em uma universidade como

a UNICAMP, mas na prática as centenas de especialistas que trabalham na universidade possuem funções específicas, que não incluem o apoio a projetos desse tipo. Recorrer a pessoal externo, pago por serviços prestados, também não tem funcionado adequadamente. Assim, quase todas as tarefas, desde trabalhos como instalar placas e soldar cabos para montar a nossa rede interna de computadores, até programação, dependem de mim.

A revisão dos dados digitados é outro grande problema. Certos erros são fáceis de detectar por um revisor, mas outros tipos de erros só podem ser notados por quem conhece muito bem a bibliografia. E, infelizmente, há um grande número de equívocos nos registros. Nenhum registro poderá ser disponibilizado através da Internet sem ser revisto por mim e receber o *internetatur* – uma versão moderna do *imprimatur*. Por isso, o principal ponto de estrangulamento no projeto é o acúmulo de tarefas que dependem apenas de mim.

Anna Carolina – *Quais as perspectivas futuras em termos de recursos humanos, bibliográficos e financeiros para continuar ampliando o projeto?*

Roberto – Do modo como o projeto está concebido atualmente, isto é, cobrindo o período do Renascimento até 1900, pode-se dizer que o trabalho mais pesado já foi feito, e que em poucos anos, com auxílios semelhantes aos que temos tido da FAPESP e do CNPq, o trabalho estará *praticamente* concluído. Esse “praticamente” tem um motivo. Um projeto como esse nunca estará completo. Poderemos conseguir fazer um levantamento de 90 a 95% das obras científicas luso-brasileiras desse período, talvez um pouco mais, porém nunca poderemos ter a esperança de atingir 100%. Quando o trabalho está no início, todas as informações obtidas são novas e úteis. Quando o trabalho está avançado, a maioria das informações obtidas é mera repetição de dados já existentes nas bases de dados. Quando atingirmos 90%, de cada 1.000 informações obtidas apenas 100 serão novas, em média. Por isso, o custo de obtenção de novos registros vai crescendo, e tendendo a infinito. Assim, o limite de 90 a 95% é uma meta prática razoável. Como nada semelhante a isso foi ainda feito em outros países, uma base de dados que atinja esse nível é um bom resultado.

Anna Carolina – *E depois disso?*

Roberto – Bem, o término desse trabalho deve coincidir mais ou menos com minha aposentadoria. Isso não significa que eu não pense em certas ampliações. Haveria a possibilidade de ampliar as bases de dados para incluírem o período de 1901 até 1950, mas isso não me anima muito, pois sei que seria muito mais difícil obter informações bibliográficas sobre esse período cronológico do que sobre o período anterior. Há outras duas possibilidades, no entanto, que me motivariam muito. Uma seria digitalizar um grande número de obras científicas luso-brasileiras do período coberto pelas bases de dados, colocando o texto integral à disposição dos interessados. O custo desse tipo de trabalho é alto, mas talvez seja possível conseguir apoio para isso. Outro tipo de ampliação do projeto seria cobrir todo o mundo ibero-americano, isto é, incluir Espanha e países de língua espanhola no projeto de bases de dados. Posso estimar que, do Renascimento até 1900, esses países produziram cerca de

400.000 obras científicas e técnicas. Para se tornar possível, tal tipo de projeto necessitaria do apoio de um conjunto de instituições de vários países. Não sei se terei a possibilidade de iniciar ou de participar desse trabalho, mas algum dia ele precisará ser realizado, e terá que contar com recursos financeiros muito maiores do que aqueles de que disponho.

Anna Carolina – *Como tem sido a procura do banco pelos pesquisadores?*

Roberto – A procura não é grande, por enquanto, porque só é possível ter acesso às bases de dados na própria UNICAMP. Algumas pessoas têm nos visitado para consultar as bases de dados, outras nos enviam consultas por correio eletrônico. Quando as informações puderem ser pesquisadas diretamente na Internet, a consulta aumentará, mas não muito. No mundo todo existem poucas dezenas de pesquisadores que se dedicam à história da ciência e da técnica luso-brasileira nesse período, além de algumas dezenas de historiadores que possuem outros interesses centrais mas que podem querer informações desse tipo. Não se trata, por isso, de um projeto que atingirá um número muito grande de pessoas mas, por se tratar de um trabalho de interesse permanente, acredito que dentro de 100 ou 200 anos essas informações ainda serão consultadas, assim como até hoje consultamos a *Bibliotheca Lusitana* compilada por Diogo Barbosa Machado há mais de 200 anos.

Anna Carolina – *A pesquisa na área deve bastante a seus esforços para institucionalizá-la. Onde eles começam?*

Roberto – Bem, no período em que eu trabalhava isolado, como pesquisador do CNPq, vivendo em Curitiba, dispunha de todos os recursos necessários para minha pesquisa pessoal. O próprio CNPq me concedia auxílios para viagens, material bibliográfico, etc. Se precisava procurar um material no Rio de Janeiro, eu podia me deslocar até lá e passar alguns dias na Biblioteca Nacional ou em outros acervos, e trazer tudo de que precisava. Se não encontrava no Brasil algum artigo de que necessitava, solicitava cópia do exterior. Ou seja: eu não tinha dificuldades práticas para minha pesquisa.

No entanto, eu não conseguia deixar de pensar que a área de história da ciência deveria se expandir e se firmar no Brasil. Nessa época – em torno de 1980 – a UNICAMP tinha um bom grupo de lógica e filosofia da ciência, e pensei que esse seria o núcleo adequado para desenvolver a história da ciência no Brasil. No entanto, ao contrário do que ocorre no caso da lógica e da filosofia da ciência, a pesquisa em história da ciência exige o uso de enorme quantidade de recursos bibliográficos – não apenas as fontes secundárias, que são os livros e revistas sobre história da ciência, mas também as fontes primárias, constituídas pelo material escrito pelos próprios cientistas. Não há no Brasil grandes acervos bibliográficos antigos, e isso dificulta muito a pesquisa em história da ciência aqui. Por isso, imaginei que a expansão da história da ciência exigiria dois tipos de coisas: por um lado, preparar pessoal para a pesquisa, e por outro lado criar uma infra-estrutura constituída por um centro de documentação especializado em história da ciência.

Fiz um pré-projeto de como poderia ser esse centro de documentação e o enviei ao prof. Oswaldo Porchat, que, na época, era o coordenador do Centro de Lógica e Epistemologia da UNICAMP. Ele gostou da idéia, e queria iniciar imediatamente esse projeto, mas não havia pessoas que pudessem coordená-lo. Eu próprio não tinha intenção de sair de Curitiba, nessa época. Assim, a proposta ficou suspensa.

Alguns anos depois (em 1983) acabei por vir para a UNICAMP, como professor do Instituto de Física, graças aos professores Porchat, Cerqueira Leite, Cylon Gonçalves da Silva e Newton Bernardes. Paralelamente ao meu trabalho no Instituto de Física comecei a me dedicar a atividades junto ao Centro de Lógica e Epistemologia, do qual já era membro “externo” há alguns anos. Comecei a colaborar na edição dos *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, iniciei uma série anual de *Colóquios de História da Ciência*, obtive bolsas de Iniciação Científica e de Aperfeiçoamento para estimular estudantes a se dedicarem a essa área, etc. A história da ciência estava se desenvolvendo, e isso era visto com bons olhos pelos membros do Centro de Lógica. Após algum tempo, a velha proposta do centro de documentação em história da ciência foi tirada da gaveta, pois parecia viável desenvolver aquela idéia. Atualizei e transformei o pré-projeto em um projeto, e com apoio da Reitoria e do Centro de Lógica foi iniciado o trabalho de obtenção de recursos e de espaço. Em pouco tempo foi possível obter auxílios crescentes, culminando com um convênio aprovado pela FINEP no valor de US\$250,000.00 e um auxílio da FAPESP no valor de US\$60,000.00 para material bibliográfico. O Centro de Lógica, que ocupava meia dúzia de salas na Faculdade de Engenharia Elétrica, obteve da Reitoria um prédio de 600 metros quadrados, graças à expansão da área de história da ciência.

Embora as coisas estivessem correndo bem na UNICAMP, eu percebia que em nível nacional a área precisava de maior apoio, por isso iniciei em 1987 uma série de reuniões com pesquisadores de todo o Brasil, para a elaboração de um programa nacional de história da ciência e da tecnologia (PRONAHCT), que proporcionasse diretrizes gerais de desenvolvimento e servisse de subsídio para as agências de fomento. Esse programa foi aprovado pelo CNPq, em 1988. Principalmente por causa dessa atuação, fui eleito Presidente da Sociedade Brasileira de História da Ciência, em 1989. Paralelamente à criação de uma infra-estrutura, pensava também na formação de pessoal.

Anna Carolina – *É nesse momento que tem lugar um Curso de Especialização na UNICAMP. O curso teve início na década de 90. Como foi aquela experiência? Muitos dos alunos de então viriam depois a impulsionar os interesses nesse campo de estudos. Está correta minha avaliação?*

Roberto – Eu fazia parte do corpo docente das pós-graduações em Física e Filosofia, e podia orientar teses históricas nesses dois cursos. Orientava também uma tese histórica na Faculdade de Engenharia de Alimentos e outra no Instituto de Biologia. Mas essa não era uma boa solução. Era desejável dispor de uma sequência de cursos que preparassem historiadores da ciência. Assim, fiz o projeto de um curso de especialização em História da Ciência, com o objetivo de transformá-lo depois em um

mestrado. O projeto foi aprovado, com apoio do Centro de Lógica e do Departamento de História da UNICAMP, e o curso foi iniciado, sob minha coordenação, em 1990.

Infelizmente, o crescimento da área de história da ciência começou a suscitar conflitos dentro da própria UNICAMP. Os recursos que tinham sido conseguidos para o centro de documentação eram muito superiores aos auxílios obtidos pelas áreas de lógica e epistemologia. Os colóquios de história da ciência atraíam centenas de participantes, muitos estudantes estavam se voltando para essa área, e talvez tenha surgido o temor de que as outras áreas do Centro de Lógica fossem eclipsadas. Foi então orquestrado um movimento contra mim, e em 1990 fui destituído da coordenação do centro de documentação. Houve um protesto, em nível nacional, contra as atitudes da diretoria do Centro, mas isso de nada adiantou. Desliguei-me logo depois de todas as minhas outras atividades junto ao Centro de Lógica. A manobra de destituir-me para controlar e distribuir pelas outras áreas os recursos destinados ao centro de documentação não serviu de nada, pois a FINEP, tomando conhecimento dos acontecimentos, cancelou o convênio.

Foi possível levar adiante o curso de especialização em história da ciência, até a conclusão da primeira turma em 1992, mas o Centro de Lógica conseguiu também impedir a abertura de novas turmas. Evidentemente, foi impossível tentar criar uma pós-graduação em história da ciência, na UNICAMP, depois de tudo isso. Foi uma pena, porque creio que o curso de aperfeiçoamento permitia realmente preparar uma pessoa para iniciar pesquisas em história da ciência. Várias das pessoas que o concluíram prosseguiram depois suas carreiras na área, e acredito que a base fornecida por esse curso lhes foi muito útil. Foi depois da interrupção do curso na UNICAMP que surgiu a idéia de criação de um programa semelhante na PUC-SP, seguindo aproximadamente o mesmo planejamento. Em certo sentido, o primeiro programa de estudos pós-graduados em história da ciência criado no Brasil pela profa. Ana Maria Alfonso-Goldfarb é o herdeiro do curso de especialização da UNICAMP.

Anna Carolina – *Seu trabalho de orientação de alunos em nível de Mestrado e de Doutorado também tem contribuído a essa institucionalização, apesar de nem sempre se dar num Curso de Pós-Graduação em História da Ciência. Como tem sido essa inserção da História da Ciência em programas/cursos de pós-graduação em ciências como a Física e as Ciências Biológicas?*

Roberto – Desenvolver uma tese histórica, em um programa de pós-graduação que não seja especificamente de história da ciência, é problemático. O estudante precisa cumprir os requisitos formais do curso, e isso significa, no caso da pós-graduação em física, cursar disciplinas de mecânica quântica, eletromagnetismo, mecânica, estatística, etc. Essa exigência é compreensível, pois o estudante irá obter o grau de mestre ou doutor em física, não em história da ciência. Algo análogo ocorre em outros cursos. Paralelamente a essa formação científica, o estudante deve aprender muita coisa sobre história da ciência, deve adquirir certas habilidades de trabalho, deve desenvolver a sua dissertação ou tese histórica. O historiador da ciência precisa aprender a ler textos primários, precisa aprender a analisar e discutir trabalhos

historiográficos, etc. Ele terá, por isso, uma carga de trabalho muito maior do que a de um estudante “normal” do mesmo programa de pós-graduação. Essa não é uma situação ideal. Mas é o que é possível fazer, atualmente, na UNICAMP.

Anna Carolina – *Como você vê as relações entre a história da ciência e a ciência da qual se faz a história? O que se ganha e o que se perde com a separação de ambas?*

Roberto – Como você sabe, existem muitas abordagens diferentes na história da ciência. Existem estudos históricos sobre as instituições científicas, por exemplo, que analisam apenas as forças sociais e as estratégias utilizadas para se criar e manter uma certa instituição. Esse tipo de trabalho exige pouco conhecimento sobre a ciência pesquisada naquela instituição. Estão em moda estudos sociológicos e antropológicos da ciência que apenas analisam os jogos sociais por trás da pesquisa científica, e não o próprio conteúdo científico da pesquisa. Esses estudos também podem ser feitos com pequeno conhecimento sobre a ciência pesquisada pelos cientistas que estão sendo estudados. No entanto, há estudos históricos que se voltam para o mundo conceitual da ciência, discutindo argumentos, experimentos, transformações de idéias, etc. Esses estudos não se limitam àquilo que é chamado de “história internalista da ciência”, pois abrangem também a análise de influências de crenças religiosas e filosóficas sobre teorias científicas, por exemplo. Esse tipo de historiografia conceitual da ciência exige uma sólida formação científica na própria área que está sendo analisada. Dificilmente uma pessoa que não seja um físico poderia se arriscar a analisar a transformação das idéias de Einstein durante a criação da teoria da relatividade geral, por exemplo. Quanto mais recente a ciência que está sendo estudada, maior o número de pré-requisitos científicos para compreendê-la. Isso não quer dizer que qualquer um possa entender a ciência do século XVI – a astronomia desse período, por exemplo, só pode ser compreendida por quem dispõe de uma boa base científica e matemática.

Anna Carolina – *E como está a história conceitual da ciência hoje?*

Roberto – Muitos estudiosos atuais dirão que a história conceitual da ciência é inútil e indesejável, que ela deve ser abandonada. São pessoas que querem obrigar todos os pesquisadores a utilizarem óculos com filtros coloridos, proibindo-os de ver a enorme variedade de cores existentes no mundo que nos cerca. São, muitas vezes, pessoas incapazes de compreender o conteúdo científico das disciplinas que estudam, e que querem proibir outras pessoas de falarem sobre isso para não se sentirem inferiores. Quem conhece a história da própria historiografia da ciência sabe que nenhum modismo dura muito tempo, e que se deve aceitar uma pluralidade de abordagens e métodos, em vez de tentar reprimir os pesquisadores que tentem seguir caminhos diferentes.

Assim, penso que existe um enfoque específico, válido, na história da ciência, que exige uma formação científica, e que não pode ser desenvolvido por quem não goste ou não consiga compreender o próprio conteúdo e a argumentação das ciências. Se toda a historiografia da ciência se desenvolvesse sem esse componente ela seria, em minha opinião, uma historiografia aleijada, defeituosa. Da mesma forma, se os

aspectos sociológicos fossem totalmente ignorados, teríamos também uma historiografia da ciência insatisfatória.

Não se deve pensar que estou defendendo a idéia de que os cientistas são pessoas naturalmente preparadas para fazer uma pesquisa historiográfica. De modo nenhum. A formação científica é *uma* das condições para a pesquisa historiográfica conceitual. Porém, um cientista costuma adquirir, durante sua formação, um conjunto de vícios que dificultam muito a pesquisa historiográfica, como uma visão “presentista” que só valoriza aquilo que é aceito atualmente. Um cientista de uma determinada área precisa de um longo e doloroso treino para se tornar capaz de fazer uma boa pesquisa historiográfica sobre sua própria área.

Anna Carolina – *E as relações entre filosofia e história da ciência ou das ciências?*

Roberto – Se analisarmos as bibliografias utilizadas nos artigos publicados em revistas especializadas, veremos que, atualmente, raros filósofos da ciência lêem trabalhos de pesquisa sobre história da ciência, e vice-versa. Em sua maioria, os filósofos da ciência pressupõem que sabem como a ciência funciona, e utilizam exemplos completamente artificiais em sua discussão, ou citam alguns exemplos pseudo-históricos associados a Copérnico, Galileu, Newton, Darwin, Lavoisier, etc. – sem conhecer corretamente, no entanto, esses episódios. Inversamente, os historiadores pouco sabem sobre o que se tem publicado na revista *Philosophy of Science*, por exemplo. Kuhn e Feyerabend eram exceções.

Considero lamentável esse “divórcio” que ocorreu entre as duas áreas. O tipo de problemas que mais me interessa exige tanto o estudo historiográfico profundo quanto a análise filosófica e metodológica dos procedimentos científicos. Seria ridículo querer fazer uma historiografia conceitual da ciência sem dispor de um embasamento mínimo de epistemologia. E também é ridículo querer construir uma filosofia da ciência sem conhecer como a ciência realmente funciona – algo que é dado pela historiografia.

No entanto, embora a interação entre os dois campos seja útil *para certo tipo de estudos*, nem todos precisam utilizar a mesma abordagem. Os estudos sobre história das instituições científicas, por exemplo, podem ser feitos com pouco conhecimento epistemológico, assim como as discussões sobre os paradoxos da confirmação podem ser feitos com pouco ou nenhum conhecimento histórico. O que não consigo aceitar é que se pense que *ninguém* deve combinar os dois tipos de estudos, pois isso representaria, novamente, uma metaciência aleijada.

Anna Carolina – *Cabe falar em história “da” ciência, ou caberia antes falar em história “das” ciências?*

Roberto – Quanto à escolha entre “história da ciência” e “história das ciências”, creio que ninguém usa as expressões “história das músicas” ou “história das literaturas”. Fala-se simplesmente em “história da música”, mesmo quando se quer incluir nessa historiografia coisas tão diferentes quanto a música chinesa medieval, a música de um dos povos indígenas do Brasil, os Beatles, o samba, Bach, etc. É claro que se

pode falar, por exemplo, em “história das técnicas”, mas quando alguém utiliza essa expressão fico na expectativa de uma enumeração dessas técnicas. Da mesma forma, quando alguém fala em “história das ciências” fico esperando a continuação: quais são essas ciências? E seja qual for a lista apresentada, sei que ela me deixará insatisfeito. Será que podemos separar a história da física da história da astronomia, da história da química e da história da filosofia, por exemplo? Muitos episódios importantes são interdisciplinares (ou transdisciplinares, como muitos preferem), ultrapassando essas barreiras. Prefiro, por isso, a expressão “história da ciência”, para descrever a historiografia de qualquer coisa que tenha sido proposta como uma forma de conhecimento da realidade (em contraposição, por exemplo, à ficção).

Anna Carolina – *Você é bem-conhecido como sendo, além de pesquisador, um dedicado professor de sala-de-aula. De que modo essa relação entre pesquisa e ensino reflete uma posição mais geral sobre as relações entre história e ensino de ciências?*

Roberto – Bem, eu gosto de dar aulas (embora deteste avaliar os alunos). Quando dou aulas sobre física, procuro introduzir alguns elementos históricos nas aulas, que facilitem a compreensão conceitual da própria física. Acredito que minha formação histórica me permite compreender mais facilmente as dificuldades que os estudantes têm de assimilar certas idéias, porque muitas vezes os estudantes trazem para a sala de aula certas noções “intuitivas” ou “culturais” que conflitam com o que está sendo ensinado, e que coincide com teorias ou hipóteses defendidas historicamente em certa época. Conhecendo uma grande variedade de conceitos e argumentos defendidos ao longo da história, é possível captar muitas das dificuldades dos estudantes, dialogar com eles, e conduzi-los a uma mudança conceitual, ao invés de simplesmente obrigá-los a aceitar um novo conceito em conflito com suas idéias.

A história da ciência pode ser útil no ensino de ciências, mas não é uma panacéia, nem deve ser utilizada por quem desconheça o assunto. Uma história da ciência deturpada, ao invés de ser útil, pode ser extremamente prejudicial no ensino de ciências, transmitindo não apenas informações históricas erradas, mas também uma falsa visão sobre a própria natureza da ciência e da pesquisa. Estou me referindo às pessoas bem-intencionadas, mas com pequeno conhecimento histórico e epistemológico, que ensinam aos alunos que Newton *provou* as leis da mecânica, ou que Galileu *provou* que a Terra se move em torno do Sol.

Anna Carolina – *Você esteve engajado em projetos governamentais para a qualificação do ensino de ciências, valendo-se da história das ciências. Esses projetos dão certo em nosso meio? O que é preciso para dar certo?*

Roberto – A utilização de história e filosofia da ciência no ensino parece uma tendência mundial forte e irreversível. Em um país como a Inglaterra, com longa tradição de pesquisa e de ensino universitário nessas áreas, é possível selecionar bons professores e bons textos. Aqui, a situação é completamente diferente, e por isso sou um pouco pessimista em relação ao uso de história e

filosofia da ciência no ensino, no Brasil, atualmente. Esse pessimismo é devido à falta de pessoal com treino adequado, e falta de bons textos em português.

Um professor que nunca teve experiência em pesquisa em história da ciência e que não tem uma boa formação epistemológica pode cometer barbaridades. Mas, confundindo-se história da ciência com *estórias sobre a ciência*, parece que qualquer pessoa pode escrever ou ensinar sobre o assunto.

O Ministério de Educação constituiu um comitê que analisa detalhadamente livros científicos didáticos, procurando e apontando erros conceituais que aparecem neles. Alguém se preocupa com erros históricos e epistemológicos nessas mesmas obras? É claro que não. Os livros didáticos e paradidáticos estão repletos de falhas desses tipos, e a tendência será um aumento de tópicos sobre história e filosofia da ciência, dados os novos parâmetros curriculares divulgados pelo governo.

Um professor de ciências sem formação nessas áreas é incapaz de avaliar a diferença entre um trabalho de pesquisa sério, como aquilo que Alexandre Koyré escreve sobre Galileu, e aquilo que aparece em obras de divulgação, como a de Marcelo Gleiser. Se esse professor chegar a comparar os dois autores, poderá pensar que se tratam simplesmente de “opiniões diferentes”, e adotará a versão de Marcelo Gleiser, por ser mais popular, mais fácil – e, provavelmente, mais concordante com aquilo que ele próprio pensa saber. Em minha opinião, no entanto, é melhor não dizer uma só palavra sobre história da ciência do que tentar falar sobre história da ciência partindo de obras completamente equivocadas, como essa.

Anna Carolina – *Em uma perspectiva institucional mais ampla com relação à área, você atuou como presidente da Sociedade Brasileira de História da Ciência (SBHC). O que, a seu ver, pode contribuir para dinamizar ainda mais o papel da Sociedade na consolidação da área no Brasil?*

Roberto – A Sociedade Brasileira de História da Ciência tem várias funções importantes. Ela deve facilitar a interação entre os grupos, pesquisadores e estudantes da área, através de todos os tipos de canais de comunicação, como revistas, congressos, boletins, lista de discussão eletrônica, grupos de trabalho, Internet, etc. Ela deve contribuir para o crescimento da área, apoiando as iniciativas dos diversos grupos (projetos de pesquisa, eventos, publicações, cursos, seminários), organizando novas iniciativas nacionais e regionais, lutando por maior apoio financeiro, e principalmente procurando estimular um aumento contínuo do *nível* das pesquisas, do ensino e das publicações na área. A exemplo do que foi feito há mais de dez anos, deveria ser feita uma nova tentativa de estabelecimento de metas e estratégias gerais para o desenvolvimento da área, através de reuniões entre pesquisadores representativos de todo o país. Se existir uma seriedade na pesquisa, produção de trabalhos de bom nível e uma profissionalização da área (ou seja, uma queda do amadorismo), a história da ciência poderá se firmar, crescer e obter mais recursos.

A área de história da ciência é, atualmente, muito diferente do que era quando a SBHC foi criada. Surgiram novos pesquisadores, novos grupos, novas tendências, e ocorreram muitas divisões. Foi criada uma sociedade brasileira de história da medicina

e outra de história da matemática, e talvez seja criada uma de história da técnica. Os educadores que se preocupam com o uso de história da ciência no ensino estão, de um modo geral, à margem da SBHC, filiando-se a outras sociedades. Para que essa fragmentação não enfraqueça a área, é necessário que exista um entendimento e colaboração entre todos dentro de uma federação ou associação mais ampla, ou uma absorção de todos os grupos e tendências dentro da própria SBHC – o que atualmente parece impossível.

A Sociedade deve, idealmente, estar acima de disputas entre grupos, entre regiões, entre pessoas e entre linhas de pesquisa, privilegiando essencialmente a qualidade do trabalho. Se há disputas que não podem ser solucionadas, a direção da Sociedade deve circular democraticamente entre os vários grupos. Nenhum grupo deve manter o controle da Sociedade durante um tempo longo. Defendo o direito de que meus inimigos se elejam e controlem a Sociedade – reservando-me o direito também de me afastar da Sociedade, caso sua diretoria não adote princípios como os que estão expostos acima.

Anna Carolina – *Voltando ao Roberto pesquisador, com uma diversidade temática que cobre desde a origem e estrutura do universo às doenças infecto-contagiosas. O que o leva da Física à Biologia? Como você consegue atender a tal diversidade temática e regularmente produzir trabalhos com qualidade reconhecida pelo número de suas publicações em revistas nacionais e internacionais?*

Roberto – Nenhum pesquisador consegue escrever com competência sobre qualquer período dentro de uma disciplina, ou sobre todas as disciplinas dentro de um período. Há muitas coisas na história da física que nunca pesquisei e que não pesquisarei antes de morrer, porque a arte é longa. Mas tenho uma inquietação pessoal que me leva a estudar uma certa variedade de temas e de épocas. Aristóteles me apaixona, e sei que uma pessoa pode gastar várias vidas estudando apenas os trabalhos de Aristóteles, mas esse não é meu estilo pessoal de trabalho. Assim, posso dizer que tenho uma boa leitura de Aristóteles, estudei de modo mais aprofundado alguns temas dentro de sua obra, e sinto-me competente para publicar alguma coisa sobre certos pontos específicos, mas não sou um “aristotelista”. Gosto muito de estudar a física do século 19 e do início do século 20, mas não desprezo o período da revolução científica, sobre o qual já fiz alguns estudos.

Muitas vezes exploro durante algum tempo certos temas e não publico nada, pois não encontro nenhum aspecto novo, digno de um artigo. Certas vezes, começo a estudar um assunto e ele não leva diretamente a nada, mas algum ramo colateral, uma citação encontrada, um indício secundário, acabam levando a algo muito mais interessante do que o ponto de partida. Algumas vezes, o estímulo para estudar um novo tema vem da própria atividade didática. Uma vez, resolvi traduzir um texto de Oersted para o português, simplesmente para utilizá-lo em minhas aulas, mas logo percebi alguns pontos interessantes, e encontrei um filão que até hoje estou explorando, e que gerou alguns artigos recentes. Outras vezes, “pego carona” nos interesses de meus estudantes. Tenho sempre uma boa coleção de temas interessantes já localizados,

guardados no fundo da gaveta, para meu próprio uso futuro ou para servir como sugestão para meus estudantes.

Anna Carolina – *E como é que eles saem do fundo da gaveta?*

Roberto – Uma vez localizado um ponto focal que parece promissor, é necessário estudar seriamente aquele tema, ler o máximo possível, fazer novas explorações, formular perguntas e hipóteses, duvidar das certezas, esclarecer as dúvidas – aquele longo caminho que todo pesquisador conhece. Somente depois de me sentir bem familiarizado com o tema e sentir segurança sobre minhas interpretações é que escrevo sobre aquilo.

Anna Carolina – *E a passagem da Física à Biologia?*

Roberto – Acredito que é fácil compreender como posso passar da física a algum tema da astronomia, ou da química, ou da matemática, porque há muita relação entre todas essas disciplinas. Mas e a biologia? – você me pergunta.

Bem, é uma longa história, que me leva de volta ao ponto inicial, sobre o qual falei no começo da entrevista. Quando, aos 15 anos de idade, comecei a descobrir a filosofia e a história da física, li também algumas obras de divulgação que tratavam da evolução do universo, da vida e do homem. Dentro da minha voracidade pela leitura, logo comecei a devorar Darwin e Haeckel, depois comecei a procurar outros autores que tivessem escrito sobre a origem da vida, sobre a evolução das espécies, etc. Durante minha graduação em física, cursei também disciplinas de biologia e filosofia na USP. Nos fins de semana passava muito tempo na Biblioteca Mário de Andrade, alternando leituras sobre filosofia, história da ciência, física, biologia... Depois de concluir minha graduação fiquei algum tempo afastado da área biológica, mas na Universidade Federal do Paraná comecei a manter contato com o geneticista Newton Freire-Maia, e mergulhei novamente em estudos sobre história e fundamentos da biologia quando passei a ministrar a disciplina de metodologia científica do curso de pós-graduação em genética da UFPR.

Na UNICAMP, por solicitação de estudantes de pós-graduação em Engenharia de Alimentos e em Genética, retomei novamente esses velhos interesses, e acabei me tornando responsável pela disciplina de história da evolução do Instituto de Biologia. A professora Lilian Martins me auxilia e deveria me substituir nesse trabalho lá, mas isso provavelmente nunca vai acontecer. Como você vê, é uma longa história. É muito mais difícil, para mim, desenvolver um trabalho em história da biologia (ou da medicina) do que em história da física, mas procuro também fazer corretamente minha “lição de casa” quando me dedico a esses assuntos. Mesmo ao escrever uma obra de divulgação, como o *Contágio: história da prevenção das doenças transmissíveis*, considero inaceitável partir de um estudo superficial e de informações de segunda mão. Lá, quando resolvi citar Avicena, é porque dediquei um bom tempo ao *Canon da medicina*, em latim, na Biblioteca Nacional. Quando apresento uma visão pouco ortodoxa sobre Pasteur e o início da microbiologia, é porque estudei detalhadamente o assunto, juntamente com a professora Renata Ferreira. Esse trabalho, como qualquer outro, pode conter

erros, mas posso garantir que não serão erros elementares, e que o livro corrige muitos equívocos populares sobre a história da medicina.

Anna Carolina – *Muito obrigada!*

IMANÊNCIA E TRANSCENDÊNCIA NA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: A VISÃO DE THEODOSIUS DOBZHANSKY

*Aldo Mellender de Araújo**

RESUMO

O tema do presente trabalho relaciona-se ao pensamento científico e filosófico de Theodosius Dobzhansky a propósito de dois temas importantes nas teorias evolutivas: o papel do acaso e a noção de progresso. Esses dois temas estiveram presentes em sua obra desde cedo: o acaso, ao interpretar, de um lado, a origem da variação biológica como aleatória, isto é, independentemente de vir a ser adaptativa ou não. O progresso, expresso na adaptação dos organismos e principalmente, como evidenciado pela evolução humana, o que ele caracteriza como uma transcendência da evolução. A forma como ele tratava esses dois temas parece ser contraditória, conforme se examine seus textos publicados (livros, artigos, conferências) ou seus textos epistolares; mesmo entre os textos publicados é possível perceber uma mudança entre uma primeira fase, até por volta dos seus 50 anos e seus escritos posteriores. Esta dualidade é examinada neste trabalho.

Palavras-chave: Evolução biológica; acaso; progresso; visão de mundo.

IMMANENCE AND TRANSCENDENCE IN BIOLOGICAL EVOLUTION: THE VIEW OF THEODOSIUS DOBZHANSKY

The present paper deals with the scientific and philosophic thought of Theodosius Dobzhansky as related to the question of chance and progress in evolution. They were early present in his writings: chance, when the origin of variation was concerned. Variation was randomly produced, not in anticipation of an environmental change. Progressive evolution was assumed by him when considering the adaptation of the organisms, as opposed to extinction and mainly in the perspective of human evolution. For him, Humankind was “the pinnacle of evolution”, representing a transcendence of evolution. The way he dealt with these matters seem to be contradictory as one examines his papers and books in comparison with the correspondence with some of his friends and colleagues. Moreover, even his publications can be divided in two periods: before and after his fifties, when he treated more explicitly the problem of religion and science.

Key words: Biological evolution; chance; progress; worldview.

*Departamento de Genética e Grupo Interdisciplinar em Filosofia e História da Ciência, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: aldomel@portoweb.com.br

Um dos personagens mais importantes na construção da chamada Síntese Evolutiva, também conhecida como Teoria Sintética da Evolução, foi Theodosius Dobzhansky. Além disto, para o desenvolvimento da genética evolutiva no Brasil e em vários outros países, sua participação foi decisiva (Araújo, 1998). O tema do presente trabalho relaciona-se ao pensamento científico e filosófico de Dobzhansky a propósito de dois temas importantes nas teorias evolutivas: o papel do acaso (*chance*) e a noção de progresso. Esses dois temas estiveram presentes em sua obra desde cedo: o acaso, ao interpretar, de um lado, a origem da variação biológica como aleatória, isto é, independentemente de vir a ser adaptativa ou não. Por outro lado, o seu grande ídolo intelectual, Sewall Wright, ao desenvolver a teoria matemática da deriva genética (*genetic drift*) oportunizou-lhe a elaboração de experimentos na natureza e no laboratório para quantificar os efeitos do acaso. Dobzhansky também considerava a evolução como “progressiva”, isto é, direcionada no sentido de aumento de complexidade e adaptação, cuja transcendência seria a origem da espécie humana. A forma como ele tratava esses dois temas parece ser contraditória, conforme se examine seus textos publicados (livros, artigos, conferências) ou seus textos epistolares; mesmo entre os textos publicados é possível perceber uma mudança entre uma primeira fase, até por volta dos seus 50 anos e seus escritos posteriores. É esta dualidade que será examinada neste trabalho.

Theodosius Dobzhansky nasceu em 25 de janeiro de 1900, na cidade russa de Nemirov, distante cerca de 200 km de Kiev. Seu pai, Gregory Dobzhansky, era professor de matemática na escola secundária; sua mãe, Sophie Dobzhansky trabalhava nas tarefas domésticas. Ambos eram ligados à Igreja Ortodoxa Russa; Sophie era, inclusive, filha e neta de reverendos desta Igreja. Nos primeiros dez anos de casados não tiveram filhos, o que os levou a visitar vários locais religiosos da Rússia, para rezar no sentido de terem um filho(a). Um desses locais foi Chenigov, onde rezaram para São Theodosius, prometendo-lhe dar o mesmo nome a um eventual filho (Land, 1973).

A educação primária de Dobzhansky foi feita por professores particulares em sua própria casa, como era hábito nas famílias de classe média da época. Aos nove anos de idade, quando ingressa em uma escola pública, já era um naturalista incipiente, sendo um colecionador de borboletas (um hábito que ele cultivaria por vários anos). Por volta de 1914-1915, já decidido a se tornar um biólogo e residindo em Kiev, lê, junto com seu grande amigo Vadim Alexandrovsky, *A Origem das Espécies*, de Darwin. O encontro com um entomólogo amador, Victor Luchnik, o induz a deixar de lado as borboletas e se dedicar, visando tornar-se um especialista, aos besouros¹ da família *Coccinellidae* (Land, 1973). A entomologia era uma das disciplinas biológicas mais desenvolvidas na Rússia nos primeiros 25 anos de século XX; havia uma forte interação entre profissionais e amadores dos grandes centros e de pequenas localidades (Krementsov, 1994). A pesquisa com besouros o leva a publicar o primeiro trabalho

¹Besouros, cascudos, joaninhas, são alguns nomes populares dos insetos designados como coleópteros.

em 1918, sobre a descrição de uma nova espécie de *Coccinella* dos arredores de Kiev; a paixão pelos coleópteros se estenderia ainda por muito tempo em sua vida, mesmo depois de se tornar um geneticista internacionalmente conhecido pelos seus trabalhos com *Drosophila*, pois publica vários trabalhos com aqueles organismos, o último deles em 1941.

Dobzhansky graduou-se em Biologia em 1921, pela Universidade de Kiev; no mesmo ano torna-se professor-assistente de Zoologia no Instituto Politécnico de Kiev e, em 1924, a convite do professor Iuri Filipchenko transfere-se, como docente, para a Universidade de Leningrado; naquele ano ele publicaria o seu primeiro trabalho sobre *Drosophila melanogaster*. Filipchenko foi um personagem importantíssimo na vida acadêmica de Dobzhansky; não apenas o convidou para lecionar em Leningrado (então chamada de Petrogrado), mas, devido ao seu relacionamento com Thomas Hunt Morgan, o indicou para estagiar no laboratório deste pesquisador, visando um retorno à União Soviética para liderar um grupo de pesquisadores em trabalhos com a mosca *Drosophila* (Filipchenko e Morgan haviam publicado, em russo, no ano de 1925, um pequeno livro intitulado: *São os Caracteres Adquiridos Hereditários?* Inge-Vechtormov, 1994). No dia primeiro de dezembro de 1927 Morgan escreve uma pequena carta a Dobzhansky, onde diz:

Dear Dr. Dobzhansky:

I am very glad to hear that we may hope to see you before very long. I know the difficulties in procuring a passport – the delay, as I understand, being due to our own consulate. We are ready to receive you at any time, and look forward with interest to having you with us. Sincerely, T.H.Morgan

No dia 27 do mesmo mês, Dobzhansky e sua esposa Natasha chegam aos Estados Unidos.

A CIÊNCIA E A FILOSOFIA DE DOBZHANSKY

A partir da sua chegada ao laboratório de Morgan até 1933, Dobzhansky envolveu-se definitivamente com *Drosophila* como material de trabalho, de um modo particular, com a espécie *melanogaster*. De 1928 até 1932, por exemplo, ele publica 24 artigos, dos quais 20 (83%) referem-se a esta espécie; dos restantes 4 artigos, um se referia à ocorrência de ginandromorfos (partes masculinas e femininas no mesmo organismo) em *Drosophila simulans* e os demais 3, sobre besouros. A partir de 1933, começam a aparecer trabalhos também com a espécie *D. pseudoobscura*, a qual progressivamente irá substituir *D. melanogaster* como principal objeto de estudo. Esta fase da vida acadêmica de Dobzhansky está principalmente voltada para a obtenção de muitos dados sobre genética de espécies de *Drosophila*, com uma relação com evolução apenas indireta. Suas reflexões filosóficas ainda não ganham espaço em seus textos ou na sua correspondência.

Em 1935, Dobzhansky publica o primeiro trabalho mais abrangente: *A critique of the species concept in Biology*. Ao propor uma análise metodológica da questão das espécies ele enfatiza inicialmente que:

the only biological category possessing an undisputable ontological significance is that of a living individual. (p. 344)

O tema é particularmente suscetível a uma análise filosófica e Dobzhansky não foge dela. Espécie, categorias, hierarquias, são questões que ele aborda.

Having evolved a classification based on arbitrary categories the investigator may be only too prone to mistake the product of his own mentality for some preexisting “order of nature”. Is, then, the species a part of the “order of nature” or a part of the order-loving mind? (p. 345)

Ele volta ao tema em 1937, primeiro, ao publicar um artigo no periódico italiano *Scientia*, sob o título *What is a species?* e, em segundo lugar, em seu livro que se tornaria um clássico, *Genetics and the Origin of Species*. Para os objetivos do presente trabalho esta obra é extremamente importante, pois é nela que ele irá discutir, pela primeira vez, questões envolvendo o acaso na evolução. O capítulo V, “Variation in natural populations” é central nesta discussão; segundo Dobzhansky,

As pointed out by Darwin, any coherent attempt to understand the mechanism of evolution must start with an investigation of the sources of hereditary variation. Toward the accumulation of evidence bearing on this problem Darwin bent his principal efforts. [...] A solution, though a partial one only, of the problem of the origin of hereditary variation has been arrived at in the present century, due to application of the methods of modern genetics. It is now clear that gene mutations and structural and numerical chromosome changes are the principal sources of variation. (p. 118)

Uma vez articulada a origem da variação, Dobzhansky passa ao tema do ‘destino’ desta variação, quando diz:

It must be stated at once that the physiology of populations is for the time being the most neglected, although very probably the most essential, part of the theory of evolution. The processes which occur in free living populations after the mutations and chromosomal changes have been produced and have become an integral part of the population genotype remained totally obscure for a long time. Only in recent years, a number of investigators, among whom Professor Sewall Wright of Chicago should be mentioned most prominently, have undertaken a mathematical analysis of these processes, deducing their

regularities from the known properties of the Mendelian mechanism of inheritance. The experimental work that should test these mathematical deductions is still in the future, and the data that are necessary for the determination of even the most important constants in this field are wholly lacking. Nonetheless, the results of the mathematical work are highly important, since they have helped to state clearly the problems that must be attacked experimentally if progress is to be made. (p. 120-121)

O trecho acima reproduzido revela muitos aspectos importantes: o primeiro deles, sobre a origem da variação, ainda que Dobzhansky não explore este tema neste capítulo; o segundo, sobre o “processamento” desta variação, em particular sobre o papel do acaso, como ele referirá nas páginas seguintes. O terceiro ponto importante é a menção a Sewall Wright, com quem ele travara contato pela primeira vez em 1932, durante o VI Congresso Internacional de Genética, em Ithaca, New York. Quando ele destaca que “the experimental work that should test these mathematical deductions is still in the future” ele certamente está a se referir, de modo implícito, ao grande plano de estudos de populações naturais que ele e Alfred Sturtevant haviam elaborado em 1936, com o auxílio de Wright e que daria origem à longa série de trabalhos chamada “genética de populações naturais”. Além disto, sua menção a ausência de determinações das mais importantes constantes neste campo é uma forte tentativa de aproximar a biologia evolutiva da física, onde trabalhos experimentais calcularam algumas constantes fundamentais da natureza.

Para Dobzhansky, a seleção natural tenderia a eliminar a variação desvantajosa, no que seria auxiliada por perdas aleatórias, atuando sobre mutantes surgidos recentemente e que, pelo fato de se encontrarem em baixa frequência, tenderiam a se perder. Este problema, ele esclarece, fora explorado, na teoria, por Fisher (1928, 1930) e Wright (1921, 1930) e, experimentalmente, por seus conterrâneos russos Dubinin e Romaschhoff (1932). Há aqui, na realidade, uma mistura de duas questões diferentes, as quais se tornam esclarecidas à medida que ele desenvolve o capítulo. Ronald Fisher, por exemplo, tratou da probabilidade de um mutante novo, único, neutro seletivamente ou com pequena vantagem, “sobreviver” em uma população infinitamente grande. Wright, ao contrário, abordou o problema das populações pequenas, a partir das quais definiu um importante referencial teórico, o chamado “tamanho efetivo de populações” (na época ainda simbolizado por N_e e, mais tarde, por N_e). A propósito desta questão Dobzhansky salienta que:

The great significance of the population number, N , comes from the fact, emphasized by Wright, that in a population of N breeding individuals, $1/2N$ genes either reach fixation or are lost in every generation. (p. 132)

Assim, por puro acaso, uma parcela da variação será fixada ou extinta da população, na razão inversa do tamanho efetivo da população.

As reflexões de Dobzhansky sobre acaso e progresso na evolução, tanto nas publicações quanto na correspondência particular, tornam-se bem mais frequentes a partir dos seus cinquenta anos. Por exemplo, no livro *Evolution, Genetics, and Man* (1955) ele dedica um capítulo inteiro ao tema “Chance, guidance, and freedom in evolution”. Neste capítulo ele critica as concepções de evolução dos primeiros 25 anos do século XX que utilizavam o argumento das “tendências internas” nos organismos e que os impeliam a mudar. Vários nomes foram dados a essas correntes, cada nome sendo sugerido por um autor em particular: *nomogênese* (Leo Berg, 1926), *hologênese* (Daniel Rosa, 1931), *aristogênese* (Henry Osborn, 1934), dentre outras. O tema do acaso aparece na defesa que ele faz da seleção natural, negando que ela seja uma força do “cego acaso” (*blind chance*), como muitos críticos afirmaram, mas um mecanismo de construção das adaptações a partir de partes pré-existentes e funcionais. Em outras palavras, o que hoje reconhecemos como uma estrutura complexa e altamente eficiente, como o olho dos vertebrados por exemplo, não surgiu de uma só vez, mas a partir de estruturas prévias, mais simples, sensíveis à luz (um argumento, aliás, já elaborado por Darwin em *A Origem das Espécies*).

Ao abordar o tema do progresso, Dobzhansky transforma o conceito de topografia adaptativa de Wright, aplicado por este a sub-populações de uma mesma espécie, em comparações inter-específicas e também o modifica, ao criar a expressão “nicho adaptativo”. Diz ele:

By and large, every species is superior to all others in its own adaptive niche, for if another species were superior it would drive the first out. But it is ridiculous to conclude on this basis that there has been no progress in evolution, and that man is not a more perfect organism than a worm or an amoeba. There are several possible criteria of progress and perfection, and we must make it clear which one is being used. (p. 370)

A comparação entre humanos, vermes e amebas contém um equívoco ontológico, pois para se adotar critérios de progresso devemos comparar entidades semelhantes, ou, pelo menos, com um certo grau de similaridade. É lícito comparar, por exemplo, a velocidade de locomoção de um ser humano e a de um automóvel para concluir-se que o último é melhor? O critério de progresso neste caso é o *tempo* decorrido para se deslocar de um ponto A para um ponto B. A principal dificuldade, todavia, está na escolha deste critério, o qual parte do pressuposto de que o *tempo* é que se constitui no problema a ser resolvido e que, quanto menor ele for, melhor será o ente que o realizou (na realidade ele corrige esta forma de argumentação em um texto de 1968, que será comentado adiante). Dobzhansky segue em sua análise do progresso na evolução e apresenta mais dois exemplos:

The appearance and spread of a new species constitute progress, whereas extinction is regression.[...] Another kind of progress is the increasing complexity of organization of living beings. (p. 371)

Há aqui outros equívocos: especiação e extinção não devem ser usados como critérios de progresso porque tanto um como o outro podem ocorrer independentemente de adaptação. E foi o processo de adaptação que Dobzhansky utilizou neste caso como referencial. Ao referir-se à complexidade estrutural de organização ele exemplifica comparando vírus, bactérias, organismos unicelulares e organismos multicelulares. Mas em que aspecto um organismo multicelular é *melhor* do que um unicelular? Para Dobzhansky a resposta está na maior autonomia dos organismos multicelulares em relação ao seu ambiente; ele exemplifica comparando os vertebrados ditos de “sangue frio” (répteis, por exemplo) com os de “sangue quente” (aves, mamíferos). A fragilidade deste enfoque pode ser vista quando se recorda que muitos mamíferos reduzem suas atividades até a imobilidade prolongada sob condições de clima muito frio ou muito quente. Nas aves, a evolução do comportamento migratório foi uma adaptação para escapar dessas condições adversas. Portanto, o critério de autonomia em relação ao ambiente não é satisfatório. Mas é ao tratar dos seres humanos que Dobzhansky mistura a sua concepção de mundo, a sua religiosidade, com as evidências da evolução, parecendo perder a noção dos limites entre uma e outra. Diz ele na página 373:

Man, the Pinnacle of Evolution. One of the cheapest ways to gratify our ego is to consider ourselves superior to others. For this reason, the opinion that man stands on the topmost rung of the ladder of progress must be carefully scrutinized. It happens, however, that by all sensible criteria of progress man is superior to other creatures. [...] The conclusive evidence of man's superior position is that he, and he alone, has evolved the genotype which enables him to develop and maintain culture. [...] Man's biological pinnacle is a solitary eminence; no other species can aspire to dispute it. (p. 373-374)

Na sequência ele procura dar a impressão de que apesar disto a origem da espécie humana seguiu os mesmos passos de qualquer outra espécie e de que nada houve de especial neste processo, sendo adjetivado por ele como um “feliz acidente” (o *acaso*, então?)

Evolution did not happen according to a predetermined plan. [...] Considered biologically, man arose because of the action of the very same forces which bring about the evolution of all other organisms. [...] In a sense, the origin of man was a lucky accident. [...] But in another sense man was not accidental. Natural selection is, in Fisher's words, “a mechanism for generating an exceedingly high degree of improbability”. In other words, selection creates gene combinations which would be almost infinitely unlikely without it. (p. 374)

Uma vez mais o tema do acaso aparece em um artigo publicado em 1963, com o título “Scientific explanation – Chance and antichance in organic evolution”. Neste texto ele vai enfatizar o papel do acaso na evolução, ao afirmar que:

The whole of evolution, from viruses or amoebae to man, is a “mechanical” process in which a predominant role is played by “chance”. Evolution has neither purpose nor goal, and yet it results, often though by no means always, in adaptation. (p. 210)

Como em *Genetics and the Origin of Species* (1937), ele vai enfatizar o papel do acaso no surgimento da variação genética, através das mutações e das perdas desta variação como consequência do próprio processo de reprodução sexuada, onde muitos genótipos possíveis, por razões aleatórias, jamais ocorrerão. Mas, segundo ele, os processos do acaso são limitados pela seleção natural:

The sovereignty of chance is kept within bounds by the antichance factor, natural selection. This antichance process has a remarkable quality – by and large it maintains or furthers the harmony between the organism and the world in which the latter lives. (p. 221-222)

Se a evolução produziu tantas criaturas maravilhosas, incluindo os humanos, estariam esses produtos previamente determinados, sendo assim, previsíveis? Sim, responde Dobzhansky, mas só em um sentido laplaciano, de uma mente onisciente, para quem o conhecimento do passado e do futuro seria possível, dadas todas as informações sobre todas as variáveis do universo, em um dado momento. No entanto, dentro de certos limites, afirma ele, é possível tanto a previsão como a retrovisão e, mais ainda, neste âmbito, o controle e a direcionalidade da evolução são possíveis. Como se pode ver, Dobzhansky enfatiza em toda a sua análise, o predomínio da racionalidade sobre o pensamento “mágico”. Na realidade ele próprio se dá como exemplo, ao criticar as concepções evolutivas de *autogênese* (nome coletivo dado às teorias descritas anteriormente, sobre “tendências internas dos organismos”):

Even Berg, the author of the most nearly mechanistic theory of autogenesis (nomogenesis), had to assume an inherent purposefulness of the living matter. Such assumptions seem to be inherently pleasing to some authors [...] but as an arid-minded scientist I find them unprofitable. (p. 214)

Com tais conclusões, qualquer leitor pensaria estar diante de um materialista convicto.

Em um artigo muito influente, publicado em 1968, Dobzhansky volta a se referir ao progresso. O modo como ele inicia o item relativo a “*progressive evolution*”, lembra muito o tipo de argumento utilizado por William Paley na sua *Natural Theology* (1802) e conhecido como o argumento do planejamento (*the argument from design*).

Any organism, from the simplest to the most complex, is a beautifully engineered contrivance. In a sensitive and perceptive observer, the contemplation of the structure and the functioning of a living body evokes the same feelings as the contemplation of a work of art. And just as some works of art are perceived to be more admirable and perfect than others, so some organisms seem more advanced than others. A mammal, a bird, or a flowering plant seem higher, superior, more developed than an amoeba, an alga, or a bacterium.[...] The evolution of the living world has, therefore, been on the whole progressive. (p. 27-28)

Em todo o texto ele parece tentar desvincular as suas afirmações de uma visão de mundo mística. É como se ele dissesse que podemos ficar maravilhados com as formas as mais diversas, bizarras, sofisticadas de adaptação apresentadas pelos organismos; no entanto, todas elas podem ser explicadas em termos mecanicistas, sem a necessidade de um “planejador”. Talvez nenhuma passagem do texto exemplifique melhor esta situação do que quando ele se refere ao parto em nossa espécie:

In the light of natural selection, many otherwise paradoxical facts become intelligible. Together with remarkable adaptations, organisms often show astonishing imperfections which are necessarily incompatible with evolutionary progress. Can anything be adaptively more preposterous than the painfulness and hazard of childbirth in man? The puzzle becomes less puzzling if it is realized that natural selection operates not with fit and unfit traits in isolation, but with phenotypes as wholes and with genotypes that produce the phenotypes. Difficult childbirth may have arisen as a part of the constellation of changes which gave man his erect posture, and hands able to make and to use tools. (p. 29)²

Mesmo quando ele utiliza a expressão “transcendência”, ao final do artigo, ele o faz de um modo cauteloso, tentando evitar conotações religiosas. Para ele, por exemplo, o surgimento de um sistema auto-reprodutivo significou uma primeira transcendência evolutiva; alguns bilhões de anos depois surgiria uma segunda transcendência: o aparecimento da espécie humana. Desta forma,

Though neither planned, guided, predestined or predetermined (except in the Laplacian sense of universal deterministic causality), the biological evolution gave rise to man. [...] Finally man has achieved self-awareness and death-awareness. He has thus transcended his biological nature. (p. 32)

²No livro texto intitulado *Evolution*, em co-autoria com Ayala, Stebbins e Valentine - 1977, ele volta a este tema no capítulo sobre evolução humana, para sugerir que a evolução de uma função tão essencial para a perpetuação da espécie deveria, teoricamente, ser tão prazerosa quanto é a cópula.

Ainda no ano de 1968 aparece um artigo de Dobzhansky no periódico *Zygon*, que é dedicado aos temas de religião e ciência. O artigo se refere a Teilhard de Chardin e a direcionalidade na evolução (no ano seguinte Dobzhansky tornara-se o presidente da American Teilhard de Chardin Association). É possível perceber-se, aqui, uma mudança drástica no estilo de redação de Dobzhansky; ele passa a referir-se, sem subterfúgios, à sua condição de pessoa religiosa. É isto o que ocorre, no início do artigo, quando ele afirma existirem duas posições polares sobre as formas de conhecimento possíveis: uma, a dos que sustentam que a ciência é a única e válida fonte de conhecimento sobre o mundo. No outro extremo estariam aqueles que julgam ser a ciência irrelevante para os problemas existenciais e de auto-conhecimento. Haveria, segundo ele, um “meio termo”, onde ele próprio se situa:

Knowledge gained from science is as necessary as it is by itself insufficient. It must be supplemented by the insights of poets, artists, mystics, and by religious experience. Teilhard de Chardin stood firmly on this middle ground. I take my stand on this middle ground also, although my co-ordinates are not quite the same as Teilhard's. (p. 242)

Outra mudança, surpreendente, ocorre quando ele faz a defesa da visão de mundo de Teilhard. Dobzhansky recorda que a vida do paleontólogo jesuíta correspondeu a um período onde a biologia evolutiva apresentou avanços significativos no que se refere a causas da evolução (para situar o leitor quanto a isto, é importante registrar que Teilhard de Chardin estava trabalhando e publicando sobre os achados relativos ao “Homem de Pequim” – *Pithecanthropus pekinensis*, mais tarde *Homo erectus pekinensis*, na década de 1930, quando se estruturava a Síntese Evolutiva). No entanto, o autor de *O Fenômeno Humano* (tradução portuguesa, editada no Brasil em 1965) ignorava ou não mostrava interesse em tais conhecimentos; esta fragilidade foi motivo de críticas feitas a Teilhard por boa parte da comunidade de evolucionistas. Apesar disto, Dobzhansky o defende e o faz utilizando um argumento que foi o mesmo utilizado em relação a outros autores, porém em sentido inverso:

There seems to be a general direction or trend, which Teilhard found possible to discern. He went even further. If one understands what evolution has achieved from the beginning of the universe, say from the “Big Bang” to the present, then it may be possible to extrapolate and thus to predict its likely future course, from the present to eternity. This certainly was an audacity which few other evolutionists ever possessed. (p. 247)

Ora, não era isto o que propunham as teorias coletivamente chamadas de autogenéticas, uma evolução direcionada? Aqui o surpreendente, o contraditório

em Dobzhansky, pois ele reconhece que a posição de Teilhard é análoga à dos chamados “finalistas”. Ao se referir às mutações, cujos efeitos, na concepção de Teilhard somavam-se em uma direção pré-determinada, ele diz que:

He thus seemed to accept, without considering them closely and critically, the orthogenetic and finalistic interpretations of evolution which were rather popular, at least in continental Europe, during the 1920's. (p. 250)

Assim, o que teria sido, em um passado recente de Dobzhansky, um motivo para duras críticas aqui transforma-se em tolerância e até mesmo em negação de certas evidências. A seleção natural, por exemplo, para ele o mais importante fator da evolução não era utilizada por Teilhard, ainda que na leitura de Dobzhansky a seleção natural aparecesse implícita na descrição do jesuita:

Teilhard was rather skeptical concerning the role of natural selection in biological evolution. Nevertheless, he gave a most apt characterization of the course of evolution, which can apply only to evolution by natural selection. Evolution proceeds by groping (*tâtonnement*). (p. 249) [...] “the groping is not chance alone...but directed chance” (a frase aqui é de Teilhard). Yes, the groping is “directed” indeed by the anti-chance agency called “natural selection”. (p. 251)

Continuando nas justificativas para a concepção evolutiva de Teilhard, Dobzhansky uma vez mais nega toda a evidência acumulada pela biologia evolutiva. A extinção de espécies, foi um tema presente em vários trabalhos de Dobzhansky e uma constatação empírica da paleontologia. Isto, no entanto, não o impede de conferir à espécie humana uma existência perene, salvo, como ele diz em tom dramático, se ela cometer um suicídio:

Mankind is unlikely to become extinct, except as a result of a suicidal folly of its own. It is the apex of evolutionary progress to date. (p. 254)

A defesa de Dobzhansky da obra de Teilhard de Chardin, em particular daqueles escritos genéricos sobre evolução e significado da vida, certamente deve ter surpreendido a muitos de seus contemporâneos. William Provine, historiador da ciência dedicado às questões de evolução explicitou muito bem esta surpresa em carta enviada a Dobzhansky em 15 de julho de 1974. O contato entre os dois havia se estabelecido em virtude da organização de um grande evento que se propunha a traçar a história recente da Síntese Evolutiva. Este evento, reunindo vários dos chamados “arquitetos” da Síntese resultou na publicação de um importantíssimo livro, intitulado *The Evolutionary Synthesis – Perspectives on the Unification of Biology* (Mayr e Provine, 1980; reimpressão com novo Prefácio de Mayr, 1998). Na carta, Provine registra

que lera, entusiasmado, *O Fenômeno Humano* ainda antes de entrar para a universidade. Mais tarde, já aluno da Universidade de Chicago, conta que como parte de sua formação geral decidira fazer uma disciplina de evolução com o objetivo de atacar a teoria da seleção natural exatamente utilizando o livro de Teilhard. Este objetivo, conta Provine, jamais foi alcançado; diz ele na carta:

Our first textbook was your *Genetics and the Origin of Species*. After reading it carefully, many parts several times, I very reluctantly concluded that my hope of refuting the modern theory of evolution with Teilhard would be extremely difficult to realize. Not even in a wild moment of fancy could I imagine the author of *Genetics and the Origin of Species* writing in defense of Teilhard. I thought Teilhard would have to be defended from your devastating argument. [...] Now obviously you know that Teilhard did not understand or even care about the mechanism of evolution. His language, whether in the original French or not, is extraordinarily vague. Why do you go to the trouble of synthesizing that vagueness with what you know of the evolutionary process? [...] I wonder what gives you the impetus to continue the task, especially since the rewards from your colleagues in defending Teilhard must be quite negative in general.

A carta de Provine continha vários outros temas e Dobzhansky a responde, no dia 14 de agosto; infelizmente ele se refere a apenas uma das questões, a que ele considerava a mais “urgente” (*sic*), isto é, a relativa a diversidade genética e igualdade humana.

Como se poderia explicar estes paradoxos em Dobzhansky? Creio que em parte pela constatação de uma outra situação contraditória, aquela que deu motivo ao título deste ensaio: a linguagem utilizada nos textos publicados e a linguagem utilizada na correspondência particular. Neste sentido, é altamente reveladora a troca de cartas, no início dos anos sessenta, entre Dobzhansky e o filósofo e historiador da ciência John C. Greene.³

O darwinismo renascera com a Síntese Evolutiva; mas, pergunta Greene (1981) e o darwinismo como visão de mundo? Teria o novo darwinismo trazido uma nova abordagem da natureza, do homem, da sociedade e da história? A resposta é afirmativa e, mais ainda, sustenta Greene que vários dos livros escritos pelos “arquitetos” da Síntese e seus sucessores assemelham-se à famosa série de dos *Bridgewater Treatises* do século XIX, estabelecida para testemunhar a grandeza divina. Em ambos os casos buscou-se, através da ciência, indicações e provas sobre significados últimos e valores. Para Greene, os cientistas se tornaram prisioneiros de um dilema, pois a ciência que praticam prescreve o não-estabelecimento de valores baseados na natureza. Uma

³John Greene é o autor, dentre outras obras, de *The Death of Adam – Evolution and its Impact on Western Thought* – primeira edição, 1959 e edição revisada, com outro Prefácio, 1996. Outro livro importante deste autor é *Science, Ideology, and World View – Essays in the History of Evolutionary Ideas*, 1981.

saída para este dilema seria a revisão da ciência que praticam ao invés de recorrerem a recursos da linguagem para introduzir na natureza elementos como sucesso, falha, progresso e outros. A outra saída, diz Greene, seria o abandono destas palavras no discurso científico; adotando esta postura o biólogo passaria a se referir a *mudança* e não a *progresso*; a mudança na média da população e não em *melhora* de um dado caráter. Este foi o motivo que conduziu Greene a se corresponder com Dobzhansky; penso inclusive que a troca de cartas entre eles estimulou Dobzhansky a esclarecer e explicitar a sua visão de mundo (o que ocorreu nos escritos do final da década de 1960 e nos seus últimos anos de vida, na década seguinte). É isto o que aparece, por exemplo em duas das primeiras cartas entre eles (um conjunto de trinta cartas foi publicado por Greene e Ruse no periódico *Biology and Philosophy* em 1996):

I am baffled, astounded, and perturbed by the vocabulary which you, Simpson, Huxley, and others use in talking about evolution. It seems to me totally at war with your philosophical postulates. You should either abandon the vocabulary or revise your postulates. (30 de agosto, 1960)

It does not help matters to say that the cosmic process is “naturally creative” or that it “transcends itself”. An enigma rephrased in poetic language is still an enigma. What would you say to a physicist who told you that it was a natural property of matter or matter-energy to transcend itself? (17 de novembro, 1961)

Dobzhansky responde a esta última carta em 23 do mesmo mês através de uma longa exposição, onde deixa claro o seu posicionamento científico-religioso. Esta é talvez a mais impressionante e reveladora de todas as cartas que ele enviou a Greene.

You say you do not understand where I stand. Let me remove all doubts about this. I am a Christian, hence I stand with my good friend Birch, and you, and Teilhard, and certainly not with Huxley, although his is very much a majority opinion among at least the natural scientists. [...] You and I will agree that the world is not a “devil’s vaudeville” (Dostoyevsky’s words), but is meaningful. Evolution (cosmic + biological + human) is going towards something, we hope some City of God. This belief is not imposed on us by our scientific discoveries, but if we wish (but not if we do not wish) we may see in nature manifestations of the Omega, or your creative ground (you spell this not with capitals?), or simply of God.

Na sequência, ele procura expor como entende haver criatividade na evolução sem a interferência divina direta. Dobzhansky enfatiza que o principal problema e para o qual ele não tem solução, seria mostrar em que sentido a ação de Deus poderia ser vista em tudo o que ocorre. Ele admite que não pode abdicar das noções de progresso e melhora em evolução:

I refuse to abstain from talking about progress, improvement, and creativity. Why should I? [...] In evolution some organisms progressed and improved and stayed alive, others failed to do so and became extinct. Some adaptations are better than others – for the organisms having them; they are better for survival rather than for death. Yes, life is a value and a success, death is valueless and a failure. So, some evolutionary changes are better than others.[...] I fear the above sentences may be misunderstood – I do not doubt that at some level evolution, like everything else in the world, is a manifestation of God’s activity. All that I say is that as a scientist I do not observe anything that would prove this. In short, as scientists Laplace and myself “have no need of this hypothesis”, but as a human being I do need this hypothesis!

A resposta de Greene (1º de dezembro, 1961) também é longa e salienta que o principal problema, ou a origem da discórdia entre ele e Dobzhansky não é sobre as relações entre ciência e religião, mas, antes, entre ciência e filosofia. Ele pergunta em que medida os “fatos”, proposições e teorias da biologia evolutiva são científicos e em que medida, ou proporção, eles envolvem pressupostos filosóficos implícitos. Para exemplificar ele utiliza a frase de Dobzhansky, transcrita acima, onde este afirma que a evolução (cósmica + biológica + humana) está seguindo em uma direção. Greene pergunta então se esta afirmação é a expressão de um fato científico, uma interpretação filosófica ou uma afirmação de fé religiosa. A discussão entre eles, após estas cartas, parece ter chegado a um ponto crítico, quase a um esgotamento de argumentos e defesas de posição; não é por acaso que apenas as duas cartas seguintes tem um longo conteúdo, uma delas, a de Dobzhansky, com uma carta de Birch, em anexo. As demais 16 cartas que eles trocaram entre si, todas curtas, até setembro de 1969, representam amenidades, com comentários sobre textos em preparo ou discussões de outros, da literatura.

Há pouco mais a acrescentar a esta análise. É preciso dizer que Dobzhansky seguiu à risca sua disposição de não abandonar o uso de expressões como “melhor”, “superior”, “progresso”, “criatividade”. Na realidade, ele continuou a aprofundar e a tornar explícita, agora para o grande público, a sua visão de mundo. Em 1969, por exemplo, ele publica o livro *The Biology of Ultimate Concern*, cujo objetivo fundamental era não o de fundamentar uma filosofia a partir da biologia, mas o de incluir a biologia em uma *Weltanschauung*. Como ele esclarece a seus leitores de língua inglesa, esta expressão alemã e sua correspondente russa, *Mirovozzrenie*, não possuem equivalentes.

The usual translation, “world view”, subtly betrays the meaning. A world view, like a view from a mountaintop, may be pleasant and even inspiring to behold, but one can live without it. There is a greater urgency about a *Weltanschauung*, and some sort of *mirovozzrenie* is felt to be indispensable for a human being. The Latin *credo* is becoming acclimatized in English in a sense most nearly equivalent to *Weltanschauung*. (p. 5)

A década de 1970, na qual ele viveria seus últimos cinco anos, esteve marcada ainda por uma extraordinária produção científica e também com uma grande produção de textos de fundo filosófico e/ou religioso. De um total de 61 publicações, resenhas, etc., 20 são dedicadas a estes temas, o que representa quase um terço dos seus escritos. Sua vida pessoal nesses anos seria marcada pela perda de sua esposa Natasha (no início de 1969) e pelo diagnóstico de uma forma de leucemia. Segundo o depoimento de Jeffrey Powell, um de seus jovens colaboradores da época, Dobzhansky rezava diariamente em seus últimos anos de vida (Krimbas, 1994).

Quando pensei na elaboração deste ensaio, o contraste entre os textos dos primeiros cinquenta anos de vida de Dobzhansky e os posteriores, bem como a comparação com sua correspondência, pareceram-me aspectos paradoxais que necessitavam de uma explicação. À medida, porém, que o trabalho avançava, percebi que a vida acadêmica de Dobzhansky, desde o início, tivera um fio condutor, que era a tentativa de compatibilizar o seu conhecimento objetivo da natureza com sua experiência religiosa.⁴ Ele próprio dá um testemunho disto, ao escrever o Prefácio de seu livro *The Biology of Ultimate Concern*:

The Weltanschauung, some components of which are sketched in the pages that follow, was nurtured, modified, and corrected for something close to half a century. Its germs arose when the author was in his teens, and became naively enraptured with evolutionary biology. (p. 1)

O paradoxo deixou de existir. Theodosius Dobzhansky faleceu no dia 18 de dezembro de 1975.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A. M. A influência de Theodosius Dobzhansky no desenvolvimento da Genética no Brasil. *Episteme*, v. 3, n. 7, p. 43-54, 1998.
- LAND, Barbara. *Evolution of a Scientist – The Two Worlds of Theodosius Dobzhansky*. New York: Thomas Y. Crowell Company, 1973.
- DOBZHANSKY, T. A critique of the species concept in Biology. *Philosophy of Science*, v. 2, n. 3, p. 344-355, 1935.
- . What is a species? *Scientia*, Bologna, n. 61, p. 280-286, 1937.
- . *Genetics and the Origin of Species*. New York: Columbia Univ. Press, 1937.
- . *Evolution, Genetics, and Man*. New York: John Wiley & Sons, 1955.
- . Scientific explanation – Chance and antichance in organic evolution. Em BAUMRIN, B. (ed.) *Philosophy of Science*, New York, v. 1, 1963.

⁴Michael Ruse, ao tratar da questão do *progresso* em Dobzhansky refere que: “I argue that the crucial question for Dobzhansky, from religion as reinforced by his own life experiences, was the problem of evil” (Ruse, 1994).

- . On some fundamental concepts of Darwinian Biology. *Evolutionary Biology*, v. 2, p. 1-34, 1968a.
- . Teilhard de Chardin and the orientation of evolution. *Zygon*, v. 3, p. 242-258, 1968b.
- . *The Biology of Ultimate Concern*. New York: World Publishing, 1969.
- GREENE, J. C. e RUSE, M. On the nature of the evolutionary process: the correspondence between Theodosius Dobzhansky and John C. Greene. *Biology and Philosophy*, v. 11, p. 445-491, 1996.
- INGE-VECHTOMOV, S. G. Department of Genetics and Plant Breeding of Petersburg University: the first department of genetics in Russia. *Russian J. of Genetics*, v. 30, n. 8, p. 881-889, 1994.
- KREMENTSOV, N. L. Dobzhansky and russian entomology: the origin of his ideas on species and speciation. Em ADAMS, M.B. (ed.). *The Evolution of Theodosius Dobzhansky – Essays on his Life and Thought in Russia and America*. Princeton: Princeton Univ. Press, 1994.
- KRIMBAS, C. B. The evolutionary worldview of Theodosius Dobzhansky. Em ADAMS, M. B. (ed.). *The Evolution of Theodosius Dobzhansky – Essays on his Life and Thought in Russia and America*. Princeton: Princeton Univ. Press, 1994.
- RUSE, M. Dobzhansky and the problem of progress. Em ADAMS, M.B. (ed.). *The Evolution of Theodosius Dobzhansky – Essays on his Life and Thought in Russia and America*. Princeton: Princeton Univ. Press, 1994.

AREVISTA BRASILEIRA DE MATEMATICA (1929-193?)

*André Luís Mattedi Dias**

RESUMO

Faço uma apresentação sumária dos três primeiros volumes da REVISTA BRASILEIRA DE MATEMÁTICA, publicados na Bahia e no Rio de Janeiro entre 1929 e 1931, localizados no acervo histórico da biblioteca da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Destaco autores, temas e outros aspectos interessantes da Revista. Julgo que a localização desses exemplares seja uma notícia de grande importância porque: i) acreditava-se até agora que a primeira revista matemática brasileira tivesse surgido alguns anos mais tarde em São Paulo ou no Rio de Janeiro; ii) a RBM apresentou um excelente nível editorial para a época, assim como uma proposta científica e pedagógica bastante interessantes; iii) há indicadores de sua rápida e numerosa difusão pelo país; iv) ainda hoje a RBM é quase que totalmente desconhecida, mesmo entre os historiadores da Matemática; v) a Revista é, muito provavelmente, quase que desaparecida.

Palavras-chave: História da matemática; história da educação matemática; periódicos; revistas.

REVISTA BRASILEIRA DE MATEMATICA (1929-193?)

This paper presents a summary of the three first issues of REVISTA BRASILEIRA DE MATEMÁTICA published at Bahia and Rio de Janeiro between 1929 and 1931, and found in the historical collection of the Escola Politécnica's library at Universidade Federal da Bahia. I highlight authors, themes and other interesting aspects of this journal. This discover seems to be new and a very important one because: i) until today, people believe that the first Brazilian Math journal appeared some years later at São Paulo or Rio de Janeiro; ii) this journal presented an excellent editorial level and interesting scientific and pedagogical purposes; iii) there are signs of a quick and large spread around Brasil; iv) it is almost absolutely unknown in Brazil, even among Math Historians, and v) surely, it is very difficult to find it.

Key words: History of mathematics; history of mathematics education; reviews; journals.

*Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Doutorando em História Social, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP. E-mail: mattedi@e-net.com.br

REVISTA BRASILEIRA
DE
MATHEMATICA ELEMENTAR

PUBLICAÇÃO MENSAL

REDACTORES

S. SEREBRENICK
DA ESCOLA POLYTECHNICA

A. MACHADO
DA ESCOLA NORMAL

SUMMARIO

	Pag.		Pag.
1) Galeria Mathematica - R. Descartes		11) Exemplos da Historia da Mathematica - Abraham Bar Chiffa	11
2) Iniciando.. - A redacção	1	12) Anecdotes de Mathematicos - Lazarus Fuchs - W. Ahrens	12
3) Geometria das Figuras - D. Schor.	1	13) Um paradoxo no calculo das probabilidades - F. Galton.	13
4) Nova demonstração da formula trigonometrica relativa á addição dos arcos - L. Pelosi	4	14) Sophismas Mathematicos (I - IV)	14
5) Estructura Geral de uma theoria deductiva - S. Zarembka	5	15) Curiosidades (1 - 5)	15
6) Dos elementos infinitamente afastados - V. Kagan	6	16) Problemas (Arithmetica, Algebra, Geometria e Trigonometria)	17
7) Uma propriedade do circulo - Cap. Reinhardt	8	17) Commentarios - A redacção	17
8) Novas Demonstrações - Sal. Serebrenick	8		
9) Os segredos dos calculistas - Ph. Maennchen	10	SUPPLEMENTO DE MATHEMATICA SUPERIOR	
10) A Arithmetica na Academia Francaza - E. Fourrey	11	18) Reflexões sobre o ensino do calculo infinitesimal - E. Daresse	1

REDACÇÃO
Jogo do Carneiro, 88
BAHIA

BAHIA - BRASIL

ASSIGNATURAS
Annual . . . 10\$000
Semestral . . . 6\$000
Numero avulso 1\$500

Este trabalho tem como objetivo anunciar aos historiadores das ciências em geral e da matemática em particular a localização de uma série de exemplares da REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA reunidos em três volumes pertencentes ao acervo histórico da biblioteca Bernadete Sinay Neves, da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.¹

Julgo que a localização desses exemplares seja de grande importância. Primeiro, porque ainda se acredita, como Schwartzman (1979, p. 434, 445), Hönig e Gomide (1979, p. 46) acreditavam, que o primeiro periódico brasileiro dedicado especificamente a assuntos matemáticos teria aparecido em São Paulo, se esta posição for atribuída ao *Jornal de matemáticas puras e aplicadas*, que teve apenas um número publicado por Luigi Fantappiè, em 1936; ou no Rio de Janeiro, se esta posição for atribuída ao *Summa brasiliensis mathematicae*, cujo primeiro número foi publicado por Lélío Gama em 1945. Segundo, porque não se trata de uma publicação desprezível, de qualidade inferior. Além de apresentar um excelente nível editorial, esta revista apresentou uma proposta científica e pedagógica bastante interessante para a época. Terceiro, porque também contou com suficiente respaldo dos anunciantes em sua primeira fase, quando foi editada na Bahia, e teve, a julgar pela sua lista de representantes, rápida e numerosa difusão pelo país. Quarto, porque, embora existam pelo menos duas referências recentes à RBM,² trata-se de uma publicação quase que totalmente desconhecida, mesmo entre os historiadores da Matemática no Brasil e, muito provavelmente, quase que desaparecida. Quinto, porque da existência e da localização de uma revista como esta podem ser tiradas interessantes implicações para a historiografia das ciências no Brasil contemporâneo.

O primeiro exemplar da REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA ELEMENTAR (RBME) veio a público em setembro de 1929, apresentando como redatores Salomão Serebrenick,³ estudante de Engenharia da Escola Polytechnica da Bahia, e Antônio Augusto Machado, Catedrático da Escola Normal da Bahia,⁴ que permaneceu nesta função até a publicação do quarto exemplar (n. 5/6, jan./fev. 1930), quando Serebrenick assumiu sozinho a direção do periódico. Até agosto de 1930, foram editados os sete exemplares referentes ao primeiro ano, que encontrei reunidos em um volume na biblioteca Bernadete Sinay Neves, com um total de 158 páginas,

¹Veja lista detalhada dos exemplares encontrados nas Referências Bibliográficas, ao fim do texto.

²Albuquerque e Hamburger (1996, p. 225) incluem os trabalhos que Luiz Freire publicou na RBM na lista dos artigos de análise crítica e divulgação científica que apresentam. A professora Hamburger informou em correspondência pessoal que tiveram acesso apenas aos exemplares da Revista nos quais esses artigos foram publicados. Também Silva (1996) fez uma rápida referência à RBM na sua “visão panorâmica” sobre a história recente da Matemática no Brasil.

³Veja a nota biográfica sobre Salomão Serebrenick em anexo.

⁴Antônio Augusto Machado (Salvador, 14/10/1894-30/09/1958), formou-se em Direito, Medicina, Farmácia e Contabilidade. Exerceu diversas cátedras da Escola Normal da Bahia, dentre as quais Direito Econômico. Colaborou com Anísio Teixeira na implantação dos seus projetos educacionais na Bahia. Foi Sócio Emérito do Instituto Geográfico e Histórico da Bahia.

além das 28 páginas do SUPPLEMENTO - ASSUMPTOS DE MATHEMATICA SUPERIOR E SCIENCIAS CONGENERES.

Já com o novo título REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA (RBM), os exemplares do segundo ano foram publicados a partir de setembro de 1930 e somaram um total de 153 páginas, dos quais encontrei na biblioteca Bernadete Sinay Neves apenas quatro reunidos em um segundo volume. Os números 6/8 referentes aos meses fev./abr. de 1931 não fazem parte de nenhum dos volumes encontrados na Biblioteca, embora a paginação do número subsequente e os sinais de interrupção ou continuidade de alguns textos indiquem que foram publicados.

O terceiro volume encontrado na biblioteca Sinay Neves contém apenas os três primeiros exemplares da Revista publicados no terceiro ano, perfazendo 112 páginas do n. 1, set. 1931, até o n. 4, dez. 1931. Portanto, um total de 451 páginas publicadas nos três volumes encontrados nesta Biblioteca.

Posteriormente, a pesquisa que fiz nos catálogos das bibliotecas brasileiras que estão disponíveis *on-line*, incluindo as maiores bibliotecas universitárias, resultou em respostas negativas, exceto no catálogo da Biblioteca Nacional, onde estão listados alguns exemplares que já encontrara na biblioteca Sinay Neves e mais o exemplar n. 5/9/12, jan./mai./ago. 1932, que ainda não fora localizado e, ao que parece, foi o último publicado.⁵

Os redatores da RBME declararam no primeiro editorial que esperavam preencher uma lacuna, pois estavam “conscios da necessidade em nosso meio de um periodico sobre Mathematica elementar porquanto no Brasil inteiro, ao que nos consta, não ha um só editado”. Assim, disseram:

Creemos que a “Revista de Mathematica Elementar”, pondo os leitores a par das actuaes controversias, de mór relevancia, dentro no seu programma, contendo subsidio valioso para conhecimento das ultimas conquistas, dessa sciencia, dissertando sobre methodologia, philosophia e historia da Mathematica elementar, offerecendo cronicas e curiosidades scientificas e interessantes, alfim - problemas e soluções, concernentes a todos os departamentos da disciplina, além de um Supplemento, destinado a noções attinentes à Mathematica Superior; será manancial de grande efficiencia, para gymnasiandos, academicos, professores e todos quanto se interessam por este ramo do saber humano.

Aguardando de bom grado a collaboração desejada de cultores da sciencia, que nos queriam honrar, laborando comnosco na disseminação da verdade scientifica, sem préconceitos de escola ou orientação philosophica exclusivista, confiamos aos leitores o resultado desse tentame, que futuro em fora há de patentear sua importancia no campo da sciencia patria, na formação da mentalidade mathematica. (RBME, a. 1, n. 1, set. 1929, p. 1)

⁵A ficha da RBM na Biblioteca Sinay Neves contém o registro deste exemplar, que não foi encontrado lá. Ver Referências Bibliográficas.

Dessa forma, ficou explícito o programa da Revista, que sofreu influências francesas.⁶ O *Journal des Mathématiques Élémentaires*, de Paris, foi citado no editorial comemorativo do exemplar anno 2, n. 1/4, set./dez. 1930. Além deste, a Revista também acusou o recebimento da *Bibliographie de Sciences et de l'Industrie* e da *L'Éducation Mathématique*, únicos periódicos estrangeiros da lista de permutas publicada. A Galeria Mathematica, que abriu todos os números com ótimos fac-símiles de retratos de matemáticos célebres, deu especial atenção aos franceses, começando por Descartes, ao qual seguiram-se Legendre, D'Alembert, Delambre, Poincaré, Galois, Viète, Lagrange, Gauss, Leibnitz, Euler, mas também brasileiros como Amoroso Costa e Gomes de Souza, e uma mulher, Sofia Kovalewskaia.

Quanto aos propósitos da Revista, devo ainda dizer que a mudança de nome feita com a publicação do primeiro exemplar do segundo ano (anno 2, n. 1, set. 1930) foi explicada “pelo facto de occupar-se este periodico de assumptos mathematicos, tanto elementares como não elementares, representando, destarte, toda a Sciencia Mathematica nacional”.

Importante destacar que o exemplar anno 2, n. 9/10, mai./jun. 1931 já foi publicado no Rio de Janeiro, para onde mudou-se o diretor da Revista, engenheiro Salomão Serebrenick, logo após a sua formatura. Nota-se claramente, pelo menos nos exemplares encontrados, que esta mudança acarretou em uma expressiva diminuição dos anunciantes, isto é, a Revista apresentou um número regular de anúncios enquanto foi publicada na Bahia, enquanto que os anúncios praticamente desapareceram dos exemplares encontrados publicados no Rio de Janeiro.

Ao que parece, as relações pessoais ou familiares de A. A. Machado, do próprio Serebrenick, ou mesmo dos seus colegas colaboradores P. Peltier, M. Vita e J. Sampaio, também estudantes de Engenharia, foram importantes para a conquista dos anúncios, onde várias vezes aparecem os nomes das famílias dessas pessoas ou da comunidade judaica da qual fazia parte Serebrenick. O exemplar anno 1, n. 11/12, jul./ago. 1930, publicado na Bahia, chegou a ter três páginas inteiras de anúncios, além das capas e contracapas, que eram normalmente ocupadas desta forma. Foram anúncios de estabelecimentos comerciais e industriais, de empresas e obras de engenharia, de escolas e cursos preparatórios, até de uma casa de espetáculos noturnos! Houve inclusive anúncios de empresas sediadas no Estado do Ceará, que, suponho, foram obtidos por um dos representantes cearenses cujos nomes aparecem nos Anúncios I, II e III reproduzidos mais adiante.

Já no Rio de Janeiro, apenas a Livraria Francisco Alves fez anúncios, do livro de Matemática de Cecil Thiré e Mello e Souza. Portanto, parece-me que a mudança da sede da Revista para o Rio de Janeiro juntamente com o seu diretor, Salomão

⁶Em particular, tive oportunidade de verificar que está escrita em língua francesa a maioria das publicações estrangeiras que constituem parte expressiva do acervo histórico da Biblioteca Sinay Neves da Escola Politécnica da Bahia, que foi concebida seguindo o modelo da École Polytechnique de Paris.

Serebrenick, foi decisiva para esta expressiva diminuição dos anúncios que, possivelmente, teve implicações para o seu desaparecimento.

Devo destacar também que, a julgar pelos seus próprios anúncios, a RBM apresentou uma crescente difusão pelos diversos estados do país, apresentando um número razoável de “representantes e agentes” até o último número localizado. De fato, como pode ser observado nos fac-símiles apresentados a seguir, foram apresentados 13 representantes ou agentes distribuídos por 10 estados da Federação (Anúncio I), aumentados para 36 distribuídos em 13 Estados, quando houve a mudança para o Rio de Janeiro nos primeiros meses de 1931 (Anúncio II), chegando até 55 representantes em 15 Estados anunciados no exemplar anno 3, n. 1, set. 1931 (Anúncio III).

Os primeiros números foram preenchidos com traduções de textos dos estrangeiros V. Kágan, de Odessa, L. Pelosi, de Turim, S. Zaremba, de Cracóvia, Ph. Maennchen, de Giessen, E. Fourrey, de Paris, G. Durand, de Bourges, M. Stuyvaert, de Gand. Embora possa considerar pouco provável que esses textos tenham sido escritos especificamente para a RBME, inclinando-me a crer que tenham sido traduções de artigos lidos em revistas estrangeiras, que foram divididos em duas ou três partes para publicação em exemplares consecutivos, há motivos para duvidar desta hipótese, pois foram feitas referências às fontes das traduções ao menos três vezes. O artigo *Um paradoxo no cálculo das probabilidades*, de Francis Galton, é uma tradução de *A plausible paradox in chances*, publicado em *Nature*, v. 49, 1893/94, às páginas 365-366. Já na seção dedicada à História da Matemática, incluída apenas nos dois primeiros números, foram traduzidos uma parte do segundo capítulo do *Livro das áreas (Liber embadorum)* de Abraham Bar Chijja Savasorda, do século XII, e um trecho do *Livro do estudo das cordas do círculo* de Abul-Raihan Muh El-Biruni, do século X. Ora, se os demais foram traduções de artigos já publicados, por que então os redatores não adotaram o mesmo procedimento, por que não apresentaram também as suas referências?

Tão difícil quanto responder a esta pergunta será obter informações fidedignas a respeito da maioria desses autores estrangeiros. No principal arquivo de biografias disponível *on line* na Internet, da Escola de Matemática e Estatística da Universidade de St. Andrews, na Escócia,⁷ encontram-se apenas referências do matemático ucraniano Stanislaw Zaremba (1863-1943),⁸ além de alguns proeminentes matemáticos

⁷Indexes of Biographies, School of Mathematics and Statistics, University of St Andrews, Scotland (<http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/BiogIndex.html>), contém mais de 1000 biografias com os principais matemáticos listados alfabeticamente e cronologicamente, indexado na página de fontes para pesquisa sobre História da Matemática do Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze (<http://galileo.imss.fiienze.it>).

⁸Doutorou-se em Paris em 1889, onde ensinou, pesquisou e publicou seus trabalhos durante 11 anos; manteve interações com Goursat e Painlevé; foi reconhecido por líderes matemáticos como Poincaré e Hadamard. Mudou-se para a Polônia em 1900, onde assumiu uma cátedra na Universidade de Cracóvia e tornou-se o primeiro presidente da Sociedade Polonesa de Matemática, em 1920. Foi também durante muito tempo o editor dos Anais desta Sociedade.

Revista Brasileira de Mathematica Elementar

Correspondentes nos Estados

(Damos abaixo uma lista incompleta dos nossos representantes, porque ainda não obtivemos, acquiescencia definitiva dos Profs. dos outros Estados aos quaes nos dirigimos.)

Amazonas -	Abilio Barros de Alencar (Prof. Cath. da Escola Normal de Manaus e da Escola de Commercio "Solon de Lucena.") - Rua Dr. Alminio, 33 - Manaus
Pará -	Leonidas Deane - Resid: Rua Ruy Barbosa, 139 A - Belém
Ceará -	Representante geral - Cesar de Adolpho Campello (Director do Gymnasio São João e Prof. do Collegio Militar). - Resid: Gymnasio São João, Santos Dumont - Fortaleza.
No interior do Estado -	Styltanos Pericles Lascaris (da Inspectoria Federal das Obras contra as Seccas) - Resid: Rua Antonio Pompeu, 243 - Fortaleza.
Pernambuco -	Luiz Freire (Prof. Cath. da Escola de Engenharia e da Escola Normal de Recife)
Alagoas -	Abelardo Duarte (Prof. do Lyceu Alagoano - Maceió)
Sergipe -	Manuel Franco Freire (Prof. Cath. do Altheneu Sergipano) - Resid: Av. B. Maroim, 7 - Aracajú.
Bahia -	Nazareth - Eng.º Eunapio Peltier de Queiroz - Feira de Sant' Anna - Prof.ª Melania Galvão (Escola Normal) Itaberaba - Luquini e Irmão
Minas-Geraes -	Nivaldo Reis (da Escola de Engenharia, Prof. do Collegio Arnaldo) - Resid: Rua do Ceará, 1431 - Belo Horizonte.
São Paulo -	Americo Pezzolo (da Escola Polytechnica de São Paulo)
Rio Grande do Sul -	Darcy Teixeira (da Escola de Engenharia de Porto Alegre)

Fonte: Revista Brasileira de Mathematica Elementar, Bahia, anno 1, n. 11/12, jul./ago. 1930.

Revista Brasileira de Mathematica

Representantes e Agentes nos Estados

AMAZONAS - Abilio de Barros Alencar (Prof. Cath. da Escola Normal de Manaus e da Escola de Commercio e Solon de Lucena). - Rua Dr. Alminio, 33 - Manaus.	TODOS DE ENSINO - Escola Normal - Dr. Antonio Augusto Machado. - Gymnasio da Bahia - Prof. Antonio Olimaco da Silva. - Gymnasio Ypiranga - Eng.º Eloyvaldo Chagas de Oliveira e acad. Carlos Galvão de Castro. - Gymnasio S. Salvador - Eng.º Luis Moura Bastos. - Gymnasio N. S. da Victoria - Alvaro de Sousa e Silva e Raymundo Estrella. - Instituto Bahiano de Ensino - Eng.º Pedro Figueira. - Gymnasio Antonio Vieira - José Silva. - Escola Commercial - acad. Myrtes Zaverucha.
PARÁ - Leonidas Deane - Resid: Rua Ruy Barbosa, 139 A - Belém.	ILHEOS - Luis Faria - Estrada de Ferro.
MARANHAO - Prof. Leão Pastor Almeida. Resid: Rua Oswaldo Cruz, 1220 - São Luiz.	NAZARETH - Eng.º Eunapio Peltier de Queiroz - Estrada de Ferro.
CEARÁ - CAPITAL - Cesar de Adolpho Campello (Director do Gymnasio São João e Prof. do Collegio Militar). - Resid: Gymnasio São João, Santos Dumont - Raymundo Victor dos Santos - Escola de Agronomia - Fortaleza.	FEIRA DE SANTANNA - Prof.ª Melania Galvão (Escola Normal).
NO INTERIOR DO ESTADO - Styltanos Pericles Lascaris (da Inspectoria Federal das Obras contra as Seccas) - Resid: Rua Antonio Pompeu, 243 - Fortaleza.	SANTO AMARO - Eng.º João Garcia de Aguiar.
PARAIBYBA - Orlando Pedreira - Resid: Rua São José, 102 - João Pessoa.	ITABUNA - Eng.º Antonio Nunes de Aguiar.
PERNAMBUCO - CAPITAL - Luiz Freire (Prof. Cath. da Escola de Engenharia e da Escola Normal - Recife) - Pedro Araújo (acad. da Escola Polytechnica - Recife).	ITABERABA - Laport & Irmão.
PETROLINA - Estevam Unida Filho.	BARRA DO RIO GRANDE - Rio de S. Francisco - Dr. Agostinho Teixeira Leite - Marpar.
ALAGOAS - Abelardo Duarte (Prof. Cath. do Lyceu Alagoano) - Maceió.	JOAZEIRO - Estevam Unida Filho.
SERGIPE - Manuel Franco Freire (Prof. Cath. do Altheneu Sergipano) Resid: Av. B. Maroim, 7 - Aracajú.	MINAS-GERAES - CAPITAL - Nivaldo Reis (da Escola de Engenharia, Prof. do Collegio Arnaldo) Resid: Rua do Ceará, 1431 - Belo Horizonte.
BAHIA - REPRESENTANTES GERAES - Eng.º Pedro Figueira (Prof. do Instituto Bahiano de Ensino), Paulo Peltier de Queiroz e Carlos Mari-greth (academico da Escola Polytechnica).	ITAJUBÁ - Alberto Cardozo (da Escola de Mecanica e Electrotechnica) - Resid: Rua Xavier Lisboa, 25 - R. S. M. - Itajubá.
REPRESENTANTES NOS ESTABELECIMENTOS	SÃO PAULO - Americo Pezzolo (da Escola Polytechnica de São Paulo).
	RIO GRANDE DO SUL - Darcy Teixeira (da Escola de Engenharia de Porto Alegre).
	TERRITORIO DO ACRE - Dr. Estacio Alencar - Banco do Brasil - Rio Branco.

Fonte: Revista Brasileira de Mathematica, Bahia, anno 2, n. 9/10, maio/jun. 1931.

REVISTA BRASILEIRA DE MATEMATICA

REPRESENTANTES E AGENTES NOS ESTADOS

AMAZONAS

Abílio de Barros Alencar (Prof. Cat. da Escola Normal de Manaus e da Escola de Comércio «Solon de Lucena») — Rua Dr. Alminio, 33 — Manaus.

PARÁ

Leonidas Deane — Resid.: Rua Rui Barbosa, 139 A — Belém.

MARANHÃO

Prof. Lauro Pastor Almeida. Resid.: Rua Osvaldo Cruz, 1220 — São Luís.

CEARÁ

CAPITAL — *Cesar de Adolfo Campelo* (Diretor do Ginásio São João, Prof. do Liceu Cearense e do Colégio Militar). — Resid.: Ginásio São João, Santos Dumont — *Raimundo Vitor dos Santos* — Escola de Agronomia — Fortaleza.

NO INTERIOR DO ESTADO — *Styllanos Pericles Lascaris* (da Inspetoria Federal das Obras contra as Secas) — Resid.: Rua Antonio Pompeu, 243 — Fortaleza.

PARAIBA

Orlando Pedrosa — Resid.: Rua São José, 162 — João Pessoa.

PERNAMBUCO

CAPITAL — *Luis Freire* (Prof. Cat. da Escola de Engenharia e da Escola Normal — Recife) — *Pedro Krutman* (acad. da Esc. Politécnica — Recife).

PETROLINA — *Estevam Uzêda Filho*.

ALAGOAS

Abelardo Duarte (Prof. Cat. do Liceu Alagoano) — Maceió.

SERGIPE

Manoel Franco Freire (Prof. Cat. do Ateneu Sergipano) Resid.: Av. B. Maroim, 7 — Aracaju.

BAÍA

CAPITAL — REPRESENTANTES GERAIS — *Eng.º Pedro Tavares* (Prof. do Instituto Balano de Ensino — *Carlos Marighella* e *Paulo Pettier de Queiroz* (acadêmicos da Escola Politécnica).

REPRESENTANTES NOS ESTABELECIMENTOS DE ENSINO — Escola Normal — *Dr. Antonio Augusto Machado*. — Ginásio Ipiranga

CAPITAL FEDERAL

ESCOLA POLITECNICA — 1.º ano — *Pascoal Davidovich*. — 2.º ano — *Cesar Dacorso Neto*. — 3.º ano — *Elsa Gomes de Pinho* e *Flavio Castelo Branco*. — 4.º ano — *Cid Sampaio Feijó*. — 5.º ano — *Laet Sampaio Feijó*.

ESCOLA MILITAR — *Sociedade Academica Militar*.

ESCOLA NACIONAL DE BELAS ARTES — acad. *João Melo Campos*.

— *Engo Eloiwaldo Chagas de Oliveira* e acad. *Carlos Galvão de Castro*. — Ginásio S. Salvador — *Engo Luiz Moura Bastos*. — Ginásio N. S. da Vitoria — *Alvaro de Souza e Silva* e *Raimundo Estrella*. — Instituto Balano de Ensino — *Engo Pedro Tavares*. — Ginásio Antonio Vieira. — *José Silva* — Escola Comercial — acad. *Moisés Zaveruche*.

ILHEOS — *Luiz Faria* — Estrada de Ferro.

NAZARET — *Engo Eanapio Pettier de Queiroz* — Estrada de Ferro.

FEIRA DE SANTANA — *Prof.ª Melania Galvão* (Escola Normal).

CACHOEIRA — *Engo Fernando Pedreira da Silva*.

SANTO AMARO — *Engo João Garcez de Aguiar*.

ITABUNA — *Engo Antonio Nunes de Aquino*.

ITABERABA — *Luquini & Irmão*.

BARRA DO RIO GRANDE — Rio de S. Francisco — *Dr. Agenor Teixeira Leite* — Morpará.

JOAZEIRO — *Estevam Uzêda Filho*.

MINAS-GERAIS

CAPITAL — *Nivaldo Reis* (Prof. do Ginásio Mineiro e do Colégio Arnaldo) — Resid.: Rua do Ceará, 1431. — *White Lirio Silva* (acad. da Escola de Engenharia) — Belo Horizonte.

ITAJUBÁ — *Alberto Cardoso* (da Escola de Mecânica e Electrotécnica) — Resid.: Praça D. Amelia Braga, 7. — R. S. M. — Itajubá.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Savio Antunes (Prof. da Esc. Normal e do Liceu «Nilo Peçanha») — Niterói.

SÃO PAULO

CAPITAL — *Americo Pezzolo* (da Escola Politécnica) — *Luis Perez Velasco* (E. Ferro Sorocabana, 5.ª divisão) — S. Paulo.

CAMPINAS — *Carlos F. de Paula* (Prof. Cat. do Ginásio do Estado).

RIO GRANDE DO SUL

CAPITAL — *Jose N. Thietböhlt* (da Universidade técnica do Rio Gr. do Sul) — Porto Alegre.

PELOTAS — *Alvaro M. Campelo* (do Ginásio Pelotense) — Resid.: Felix da Cunha, 706.

TERRITORIO DO ACRE

Dr. Estacio Alencar — Banco do Brasil — Rio Branco.

franceses do início do século, dos quais foram publicados alguns textos em números posteriores da RBM. Foram os casos de Charles Émile Picard (1856-1941), *As ciências matemáticas* (RBME a. 1, n. 7/9, p. 79); de Élie Cartan (1869-1951), *Geometria euclidiana e geometria riemanniana* (RBM a. 2, n. 11/12, p. 127); ou mesmo das notas biográficas sobre Poincaré (RBME a. 1, n. 11/12, p. 141), Euler (RBM a. 2, n. 5, p. 42) e Lagrange (RBM a. 3, n. 4, p. 81) feitas respectivamente por Émile Borel (1871-1956), pelo Marquês de Condorcet (1743-1794) e por Maurice d'Ocagne (1862-1938).

Assim, textos interessantes de matemáticos pouco proeminentes, como *Geometria das Figuras*, de D. Schor, de Odessa, que apresentou uma interpretação que satisfaz ao esquema lógico da Geometria Euclidiana; ou *Reflexões sobre o ensino do calculo infinitesimal*, de E. Dareste, de Paris, apareceram juntamente com seções tais como: *Sophismas mathematicos*; *Anedoctas mathematicas*; *Phrases celebres*; *Curiosidades*; *Problemas*; *Consultas, respostas e objecções*; *Novas demonstrações*. Notável a seção *Commentarios*, dedicada “aos compendios de mathematica elementar mais em voga em nosso meio”, onde foi detalhadamente analisado o conteúdo do *Curso de Geometria*, de Timotheo Pereira.

A inclusão de traduções de textos de autores estrangeiros, que sempre foram mais de cinco em cada um dos primeiros exemplares, começa a diminuir a partir do exemplar anno 1, n. 10, tornando-se bastante reduzidas nos exemplares do segundo e terceiro ano da RBM. Já as contribuições dos brasileiros começam a aparecer a partir do exemplar anno 1, n. 3/4, dez. 1929, quando o baiano João Luiz Pimenta escreveu sobre um método gráfico para calcular π . Seguem-se contribuições de acadêmicos, professores e catedráticos de vários Estados do país: João B. A. Martins e Chistovam Colombo dos Santos, da Escola de Engenharia de Belo Horizonte; Nivaldo Reis, do Ginásio Mineiro, de Belo Horizonte; Abílio B. Alencar, catedrático da Escola Normal de Manaus; Pedro Tavares, Leopoldo Amaral, Gama e Abreu, Archimedes Guimarães, Américo Simas, catedráticos da Politécnica da Bahia; Justiniano Clímaco da Silva, Vieira de Campos, professor do Ginásio da Bahia; Mário da Silva Brasil, redator da *Egatea*, revista da Escola de Engenharia de Porto Alegre; Thomaz Pompeu Sobrinho, da Inspetoria Federal de obras contra as secas, de Fortaleza; Luís Freire, da Escola de Engenharia de Recife. A partir de 1931, quando a RBM passou a ser publicada no Rio de Janeiro, aparecem as contribuições locais, como as de J. C. Melo e Souza, catedrático da Escola Nacional de Belas Artes; Otacilio Novais, S. Sodré da Gama, Inácio Azevedo do Amaral, catedráticos da Escola Politécnica; e Agliberto Xavier, catedrático do Colégio Pedro II.

Na verdade, o engenheiro baiano Pedro Muniz Tavares Filho, citado no parágrafo anterior, apenas lecionava no ensino médio público e particular àquela época. Sua ascensão à cátedra da Escola Politécnica somente ocorreu a partir de 1934, em um processo para o qual seus artigos publicados na RBM tiveram um papel importante. Neste ano, o Conselho Técnico Científico da Escola Polytechnica da Bahia indeferiu a inscrição de Pedro Tavares para o concurso de Livre Docente da cadeira de *Mecânica*

precedida de elementos de cálculo vetorial, alegando ser “deficiente sua actividade didactica e capacidade scientifica”. Isto causou uma reacção dos estudantes da Escola que, unanimemente, fizeram um pedido de reconsideração em um abaixo-assinado:

Considerando, como alumnos desta Escola que o nosso Professor Engo Civil Pedro Muniz Tavares Filho é um nome brilhante no scenario intellectual Bahiano de onde irradia seu saber atravez de suas obras para outros centros da cultura do Paiz, não podemos suffocar a magôa intima que nos fêre e resolvemos homenagear o vulto luminoso que dentro desta Escola será um sol em torno do qual nos honraremos de gravitar. (Abaixo-assinado, 1934)

Ora, as obras de Pedro Tavares que “irradiavam seu saber” para outros centros do país eram precisamente os seus artigos publicados na RBM listados no dossiê que acompanhou seu pedido de inscrição para o concurso:

Para attestar a sua actividade scientifica, exigencia do mesmo item e artigo, relativamente á Mecanica, o candidato apresenta varios trabalhos publicados na “Revista Brasileira de Mathematica”, com circulação em todo Brasil, o jornal da “A.U.B”, publicado nesta Capital e na “Revista Ciencia e Arte” do Gremio dos Alumnos da Escola Polytechnica da Bahia. (Tavares Filho, 1934)

Mas, o Conselho Técnico Administrativo da Escola não reconheceu o valor científico da Revista pretendido por Pedro Tavares e indeferiu o pedido de inscrição alegando justamente “incapacidade científica”. Certamente a pressão política dos estudantes contribuiu para que a Escola adotasse uma posição intermediária: Tavares foi imediatamente indicado pelo catedrático Thyrso Simões de Paiva e nomeado pelo diretor Epaminondas Torres para ser assistente gratuito da cadeira, o que ocorreu efetivamente até 1936, quando finalmente foi aprovado no concurso para Livre Docente.⁹

Apresentei esses detalhes sobre a história da Bahia para mostrar como a Revista fazia parte da vida intelectual, acadêmica e científica local. Outro bom exemplo desta participação pode ser tirado do artigo *Sobre os logarithmos reaes das quantidades negativas*, do engenheiro Leopoldo Amaral, catedrático de *Complementos de Geometria Analítica, noções de Nomografia e Cálculo Infinitesimal* da Escola Politécnica da Bahia. Lendo o *fac-símile* que apresento a seguir, é possível notar a sua

⁹Na mesma ocasião também foram negadas as inscrições de Leibnitz Vieira Reis e de Eloywaldo Chagas de Oliveira, tendo sido alegados os mesmos motivos. Assim como Tavares, ambos foram nomeados assistentes gratuitos, o primeira para Construção Civil e o segundo para Economia. Os três foram aprovados em outros concursos para livre-docência em 1936 e alcançaram a efetividade posteriormente. Curioso o “rigor” adotado pelo CTA neste caso, pois, em 1937, causou grande polêmica na Congregação a aprovação de Oscar Tarquinio Pontes, filho do catedrático Frederico Pontes, quando foi alegada justamente falta de “rigor” por parte da comissão julgadora.

ousadia, o seu atrevimento ao questionar um resultado clássico de Euler, tido como um dos maiores “gênios” matemáticos de todos os tempos:

Entre as consequências importantes de todas essas formulas, a mais discutível é, como veremos a seguir, aquela com que se pretende adeantar que “as quantidades negativas não têm ‘logarithmos reaes’, mas uma infinidade de ‘logarithmos imaginarios’”

(...) O **proselitismo** e a **falta de maiores esclarecimentos** fizeram **vencedora a opinião** de Leibniz e Euler e a ciência **adoptou-a**.

No entanto **não há razão** mathematica de vulto que impeça às quantidades negativas o gozo de logarithmos reais. Com effeito ... (Amaral, 1930) (grifos meus)

Segundo declaração do próprio Leopoldo Amaral, este trabalho foi apresentado ao Congresso Internacional de Matemática de Bolonha em 1928 (veja a nota de rodapé no *fac-símile*), mas este é um ponto que ainda precisa ser melhor esclarecido.¹⁰ Todavia, o autor seguiu defendendo sua tese por mais de dez anos. Uma palestra que fez para acadêmicos de Engenharia no início da década de 40 motivou uma polêmica envolvendo Elysio Lisboa, catedrático de Geometria Descritiva da Escola Politécnica, e o padre José Nogueira Machado, do Colégio Antônio Vieira, que ganhou o auditório do Instituto Geográfico e Histórico da Bahia e as páginas da *Técnica - Revista de Engenharia*, também publicada em Salvador (Lisboa, 1942).

Mas não foram somente os engenheiros-matemáticos baianos que se utilizaram da RBM como veículo para publicação dos seus trabalhos. Também o reconhecido engenheiro-cientista pernambucano Luís Freire publicou uma série de trabalhos na Revista. Tanto que tornou-se seu entusiasta e declarado representante, como pode ser lido nos seguintes trechos de um editorial:

(...) Luiz Freire, illustre professor da Faculdade de Engenharia de Pernambuco, por demais conhecido no paiz inteiro, que acaba de nos escrever, espontaneamente, (porquanto a elle não nos dirigimos anteriormente), entre outras cousas:

“(...) Commettestes um verdadeiro heroismo, senhores professores, lançando uma revista de mathematica no despreoccupado meio scientifico brasileiro, e por isso vos felicito vivamente ...

¹⁰Está na ata da 238ª sessão ordinária da Congregação, ocorrida em 16/08/1928, que Leopoldo Amaral foi indicado para escrever um trabalho para o Congresso Internacional de Matemáticas de Bolonha. Porém, como isto foi possível se este evento ocorreu entre os dias 8 e 10/09 daquele mesmo ano? Por outro lado, não há registro da aceitação do trabalho ou da viagem do professor no mesmo livro de atas, o que certamente teria acontecido caso o trabalho realmente tivesse sido aceito (cf. Guimarães, 1972, p. 169). Além disto, este trabalho não está incluído no conjunto incompleto das Atas do Congresso que estão localizadas na Escola Politécnica. De qualquer sorte, a própria existência destas atas na EP pode ser considerado um sinal de que, pelo menos, o trabalho foi inscrito. Finalmente, é bom destacar que importantes historiadores baianos classificam esse trabalho de Amaral como “revolucionário” (Sena, 1999) ou como “genial” (Teixeira, 2000), o que reforça a necessidade de novos esclarecimentos para este assunto.

SUPPLEMENTO

Assumplos de Mathematica Superior e Sciencias congeneres

BAHIA	Janeiro e Fevereiro de 1930	BRASIL
-------	-----------------------------	--------

LEOPOLDO AMARAL

(PROF. DA ESCOLA POLYTECHNICA
DA BAHIA).

Sobre os logarithmos reaes das quantidades negativas (*)

E' de todos conhecida a profunda revolução introduzida na sciencia mathematica pela formula de EULER,

$$e^{\sqrt{-1}} = \cos. x + \sqrt{-1} \text{ sen. } x,$$

que, ligando as formações abstractas ás formações concretas, comunica, mais do que a formula de J. BERNOULLI, maior elasticidade á difficil technica do calculo.

Entre as consequencias importantes de todas essas formulas, a mais discutivel é, como veremos a seguir, aquella com que se pretende adeantar que

- as quantidades negativas não têm
- logarithmos reaes, mas uma infinidade
- de logarithmos imaginarios.

Relativamente a este ponto, occupa uma das paginas mais destacadas da sciencia a polemica travada entre J. BERNOULLI e LEIBNIZ, e, posteriormente, entre D'ALEMBERT e EULER. O proselitismo e a falta de maiores esclarecimentos fizeram vencedora o opinião de LEIBNIZ e de EULER, e a sciencia adoptou-a.

No entanto não ha razão mathematica de vulto que impeça ás quantidades negativas o gozo de logarithmos reaes.

Ao contrario, a logica mathematica e as necessidades analyticas exigem se attribuem logarithmos reaes a essas quantidades.

Com effeito:

1) a adjudicação de logarithmos reaes ás quantidades negativas estabelece uma generalidade que não falta ao objecto de nenhum outro departamento do calculo e

(*) Comunicação apresentada ao Congresso internacional de mathematicos, reunido em Bolonha, em 1928.

attende a necessidades analyticas, como, entre outras, a que ficou focalizada por D'ALEMBERT na passagem seguinte:

• Soit $\log. z = x$, d'où $\log. z^3 = 3x$;
• en faisant $z = -1$, on a $\log. (-1) =$
• x , et par suite $\log. (-1)^3 = 3x$, qui
• se reduit à $\log. (-1) = 3x$, puis
• $(-1)^3 = -1$, ou encore à $x = 3x$,
• ce qui donne $x = 0$, c'est-à-dire,
• $\log. (-1) = 0$.

2) no Calculo Infinitesimal attende a necessidades analyticas e põe termo a verdadeiros contrasensos, quer no Calculo Differencial, quer no Calculo Integral, como passamos a expôr.

a) No Calculo Differencial.

Com effeito, segundo a theoria classica, a curva logarithmica

$$y = \log' x, \quad (\text{fig. 1})$$

por exemplo, não se estende á esquerda do eixo dos Y. Entretanto, de accordo com as regras ordinarias, essa curva deve ter tangentes reaes naquella região, porquanto a derivada

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{x},$$

que mede o coefficiente angular da tangente, é real mesmo quando a abscissa x é negativa.

Além disso, essa curva, comquanto não se estenda á esquerda do eixo das ordenadas, possui raio de curvatura real nesse sector, como o mostra, á evidencia, o valor algebrico do alludido raio. Um ramo imaginario de uma curva teria, assim, attributos reaes, o que seria um *non-sensum*.

A *tractriz* de Leibnitz, (fig. 2) curva de equação

$$x = - \sqrt{a^2 \times b^2} = a \log \frac{a + \sqrt{a^2 - y^2}}{y},$$

só tem, de accordo com a theoria em voga, um ramo, quando deveria ter dois, por isso que a expressão do coefficiente angular da tangente

$$\frac{dy}{dx} = - \frac{y}{\sqrt{a^2 - y^2}}$$

Acho a vossa Revista digna de receber os maiores auxilios e estímulos: até agora, ella bem há cumprido o seu programma, pois, em suas paginas, lêem-se interessantes trabalhos sobre methodologia, philosophia e historia da mathematica.

Com a leitura dos mesmos, lucrarão, em especial, professores e alumnos de mathematica, enquanto que os de quaesquer outras disciplinas encontrarão nelles um bom passo no sentido da aquisição da cultura geral...

Podeis ficar certos, senhores redactores e collegas, que tereis em mim um propagandista e amigo dedicado da vossa auspiciosa Revista. (anno 1, n. 5/6, jan./fev. 1930)

Interessantíssima a crítica que Luiz Freire fez ao artigo *A bóssa da Mathematica*, de M. Stuyvaert, professor da Universidade de Gand. Neste artigo, Stuyvaert criticou o preconceito ainda muito difundido segundo o qual em Matemática, mais do que em qualquer outra ciência, é essencial ter *bossa*, isto é, ter uma aptidão especial, natural e inata, de modo que a compreensão da Matemática seria algo totalmente especial. Segundo ele, este preconceito servia de desculpa para os professores que desprezavam os alunos que não tinham sucesso, para os pais desses alunos e para os alunos negligentes. Remontando às origens do termo *bossa*, oriundo da Frenologia, o autor busca as influências do darwinismo de A. R. Wallace, que em 1889 afirmava que a aptidão para as matemáticas tem distribuição muito desigual entre os homens – apenas 1% dos alunos teriam aptidão matemática. Embora tenha feito declarações que hoje pareceriam absurdas –

Alguns estudantes, depois de certo tempo, não podem aprender mais nada, porque seu maximo de conhecimento é attingido, ainda que as verdades subsequentes não sejam mais difficeis; as verdades mathematicas por elles aprendidas estão em sua mente, como as moedas numa pilha, que depois de certa altura, não apresenta mais estabilidade. (Stuyvaert, 1929, p. 29)

– Stuyvaert defende sua tese de forma coerente e apresenta uma conclusão que pode agradar ao educador matemática atualizado em alguns aspectos:

A Bossa da Mathematica é um mytho. Qualquer individuo normal (...) poderá aprender mathematica. Todavia o ensino deve se preocupar de concretizar o começo, de visar a estabilidade e não o brilho, de diminuir os programmas, de repetir, repisar o aprendido, finalmente, de fazer innumerables applicações concretas, bem graduadas, interessantes (...) Nesse caso, convirá observar a creança, investigar porque ella não compreende, distinguir em cada caso particular se a causa está na falta do necessario conhecimento das difficuldades anteriores, mas, sobretudo, não basear a causa dos insuccessos na falta de aptidão. (1929, p. 29)

Luiz Freire critica M. Stuyvaert. Assim como este último assumiu uma posição próxima dos educadores matemáticos de hoje, o brasileiro explicita uma posição bem

próxima daquelas assumidas pelos matemáticos profissionais quando tratam da Educação Matemática:

Discordamos desses que vêm no methodo de ensino a causa principal dos insucessos constatados. Se o ensino das mathematicas é defeituoso (com o que estamos, aliás, de pleno accordo), não menos será o de linguas, o de sciencias physicas, etc.(...) Porque não se notam, então, em materias outras que as mathematicas, a mesma aversão, os mesmos óbices, que caracterizam as classes dessa sciencia? A bossa das mathematicas é um facto – não creio haver um legítimo professor de mathematicas que, de bôa fé, a ponha em duvida. (Freire, 1930, p. 90)

Após apresentar sua discordância quase no início, Luiz Freire apela para o conhecido argumento da autoridade, quase sempre invocado pelos matemáticos:

Não sabemos se Stuyvaert é na Universidade de Gand, professor de mathematicas; pensamos que não, pois, o que desse autor conhecemos são obras relativas à methodology mathematica e tão sómente – e, nessas obras não raro encontramos precaridade, idéas falsas mesmo, a respeito de umas tantas questões de mathematica. Não basta se ser psychologo ou pedagogo para penetrar em cheio na alma caprichosa dos Galois e dos Abel... (p. 90)

Assim, respaldado pela autoridade de matemáticos como, por exemplo, Poincaré, a quem ele apologiza, Freire explica que a causa de todos os insucessos “que em todos os logares e em todos os tempos se têm verificado” está na ausência deste “sentimento delicado e difficil de definir” em quase todos que estudam matemática: a intuição, a visão sintética. Pois,

(...) não basta comprehender as coisas mathematicas – a sua comprehensão tem um complemento indispensavel: o sentimento de sua existencia, a razão de ser que em sí ellas encerram.

Póde-se fazer uma demonstração sem falta (...) e, muito longe ficar-se do “espírito mathematico que a preside – percebe-se a trama exterior, e nada mais. (p. 91)

Freire conclui:

Contentam-se uns, em saber as quatro operações (...) outros, em aprender um tanto de outiva o “Curso de Mathematicas Elementares” de Serrasqueiro, levando a vida inteira a transportar para os cerebros de infelizes alumnos os theoremas e regras em tal curso contidos, e, com todos os pontos e vírgulas; enfim, ainda outros, em sentir realmente roçar-lhes a alma dos factos mathematicos, que os torna aptos a comprehender e sentir todas as conquistas desse domínio, fruindo os explendores que encerra a contemplação das obras do seus luminares. (p. 94)

Como se vê, àquela época já não se entediavam muito bem educadores e matemáticos, pesquisadores do ensino e pesquisadores das ciências. Já falavam de coisas distintas, às vezes para públicos distintos, embora utilizassem as mesmas palavras. O que é interessante neste caso é que o veículo é o mesmo. A RBM apresentou-se como único periódico dedicado especificamente à Matemática existente à época, para que temas como este fossem debatidos.

E como haviam debates! O exemplar anno 2, n. 11/12, jul./ago. 1931 traz uma resenha da polêmica travada pelos professores Almeida Lisboa e Euclides Rôxo, catedráticos do Colégio Pedro II, nas páginas do *Jornal do Commercio*, do Rio de Janeiro, entre 21 de dezembro de 1930 e 8 de fevereiro de 1931. A contenda, neste caso, girou em torno das críticas do primeiro, que “discordava de alguns conceitos e definições contidos num livro recentemente publicado, pelo Dr. Euclides Roxo, para os estudantes do curso secundário” (p. 154).

Outras passagens da RBM poderiam ser destacadas aqui, como, por exemplo, as singelas *Notas Matemáticas* de Carlos Marighela, à época estudante de Engenharia da Escola Politécnica da Bahia e representante da Revista, posteriormente, como é sabido, vulto importante da história política brasileira. Cada um que tiver a oportunidade de folheá-la certamente encontrará um aspecto interessante para comentar, segundo seu ponto de vista.

Concluo reiterando a importância que pode ser atribuída à existência e localização de uma revista como esta. Não apenas pela possibilidade de que tenha sido realmente o primeiro periódico especializado em Matemática a ser publicado no Brasil, pelo menos no século atual. Mas, a sua existência em si reveste-se da maior importância. Mesmo que o próprio diretor da RBM, o engenheiro Salomão Serebrenick, tenha declarado explicitamente que

Vencidos impecilhos sem conta, superadas dificuldades ingentes, attingiu a Revista Brasileira de Mathematica o primeiro marco na escalada aventureira a que se propoz (...) Este primeiro passo foi simplesmente um milagre (...) as condições em que ella surgiu (...) foram as mais precarias (...) Se é pelo seu genero, bastaria o carácter de scientifica para, de logo, se lhe turvarem os horizontes (...) Além de scientifica, porém, ella é mathematica (...) Se é pelo meio social em que nasceu, a este não há por onde se lhe conteste o qualificativo de desfavorável (...) Vivemos, ainda, a idade provinciana. (1930, p. 1)

não é possível ao historiador ignorar as possibilidades, o enriquecimento de perspectiva que significa a existência de um tal periódico, publicado pela primeira vez em 1929, antes mesmo da fundação das universidades, na Bahia, longe do Rio de Janeiro e de São Paulo, considerados como principais centros da vida cultural do país à época. De fato, a historiografia das ciências no Brasil contemporâneo ainda está, por várias razões, centrada nas coisas, acontecimentos, narrativas e interpretações que emanam dessas metrópoles. Muito pouco é dito sobre as coisas e acontecimentos de outros

locais, segundo a perspectiva que lhes é própria. Todavia, direi o óbvio, vida havia em outras cidades, e havendo vida também haviam pessoas pensantes, intelectuais, que, além de viver, também produziam cultura, inclusive cultura científica! Periódicos como a REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA possibilitam a reconstrução da vida científica tal como era vivida em locais como a Bahia, de modo a possibilitar também a sua inclusão na memória científica brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As referências 8 a 16 são dos exemplares da RBM encontrados exclusivamente na Biblioteca Sinay Neves da Escola Politécnica da UFBA, as referências 17 a 21 são dos exemplares localizados na Bahia e no Rio de Janeiro, a referência 22 é do exemplar localizado exclusivamente na Biblioteca Nacional.

- ABAIXO-ASSINADO dos acadêmicos da Escola Polytechnica da Bahia, 27 set. 1934. *Pasta Pedro Muniz Tavares Filho*. Salvador, Arquivo da Escola Politécnica, UFBA.
- AB'SABER, Aziz Nacib. A climatologia e a meteorologia no Brasil. In: MOTOYAMA, S., FERRI, M.D. *História das Ciências no Brasil*, v. 1. São Paulo: EDUSP, EPU, 1979, p. 125-144.
- ALBUQUERQUE, Ivone Freire da Mota e, HAMBURGER, Amélia Império. Registros de interações de Luiz Freire (Recife, 1896-1963) com o contexto francês de idéias. In: HAMBURGER, Amélia Império *et al.* *A ciência nas relações Brasil - França (1850-1950)*. São Paulo: EDUSP; FAPESP, 1996, p. 225.
- AMARAL, Leopoldo. Respondendo ao prof. Elísio. *Técnica - Revista de Engenharia*. Salvador, ano II, n. 7, jan./fev. 1942.
- FREIRE, Luiz. A bossa das mathematics. *RBME*. Bahia, anno 1, n. 7/9, p. 90, mar./mai. 1930.
- GUIMARÃES, Archimedes Pereira. *Escola Politécnica da Bahia*. Salvador: Fundação Escola Politécnica da Bahia, 1972.
- HÖNIG, Chaim Samuel, GOMIDE, Elza Furtado. As ciências matemáticas. In: MOTOYAMA, S., FERRI, M.D. *História das Ciências no Brasil*. v. 1. São Paulo: EDUSP, EPU, 1979. p. 36-60.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA ELEMENTAR. Salvador: Salomão Serebrenick, Antônio Augusto Machado, anno 1, n. 1, p. 1-21, set. 1929. Suplemento - Assumptos de Mathematica superior e ciencias congeneres, i - iv.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA ELEMENTAR. Salvador: Salomão Serebrenick, Antônio Augusto Machado, anno 1, n. 2, p. 22-40, out. 1929. Suplemento - Assumptos de Mathematica superior e ciencias congeneres, v-vi.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA ELEMENTAR. Salvador: Salomão Serebrenick, Antônio Augusto Machado, anno 1, n. 3/4, p. 41-62, nov./dez. 1929. Suplemento - Assumptos de Mathematica superior e ciencias congeneres, vii-xii.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA ELEMENTAR. Salvador: Salomão Serebrenick, Antônio Augusto Machado, anno 1, n. 5/6, p. 63-88, jan./fev. 1930. Suplemento - Assumptos de Mathematica superior e ciencias congeneres, xiii-xvi.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA ELEMENTAR. Salvador: Salomão Serebrenick, anno 1, n. 7/9, p. 89-116, mar./maio 1930. Suplemento - Assumptos de Mathematica superior e ciencias congeneres, xvii-xxii.

- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA ELEMENTAR. Salvador: Salomão Serebrenick, anno 1, n. 10, p. 117-134, jun. 1930. Suplemento - Assumptos de Mathematica superior e sciencias congeneres, xxiii-xxiv.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA ELEMENTAR. Salvador: Salomão Serebrenick, anno 1, n. 11/12, p. 135-158, jul./ago. 1930. Suplemento - Assumptos de Mathematica superior e sciencias congeneres, xxv-xxvi.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA. Salvador: Salomão Serebrenick, anno 2, n. 1/4, p. 1-38, set./dez. 1930. Suplemento de sciencias connexas à Mathematica, i-iv.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA. Salvador: Salomão Serebrenick, anno 2, n. 5, p. 39-62, jan. 1931.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA. Rio de Janeiro: Salomão Serebrenick, anno 2, n. 9/10, p. 93-124, mai./jun. 1931.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA. Rio de Janeiro: Salomão Serebrenick, anno 2, n. 11/12, p. 125/156, jul./ago. 1931.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA. Rio de Janeiro: Salomão Serebrenick, anno 3, n. 1, p. 1-48, set. 1931.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA. Rio de Janeiro: Salomão Serebrenick, anno 3, n. 2/3, p. 49-80, out./nov. 1931.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA. Rio de Janeiro: Salomão Serebrenick, anno 3, n. 4, p. 81-112, dez. 1931.
- REVISTA BRASILEIRA DE MATHEMATICA. Rio de Janeiro: Salomão Serebrenick, a. 3, n. 5/9/12, jan./maio/ago. 1932.
- SCHWARTZMAN, Simon. *Formação da comunidade científica no Brasil*. São Paulo: Nacional; Rio de Janeiro: FINEP, 1979.
- SENA, Consuelo Pondé de. Professor Leopoldo Amaral. *A Tarde*. Salvador, 25/10/1999.
- SEREBRENICK, Salomão. *Demonstração do postulado de Euclides*. Salvador: A Luva, 1927. 119 p.
- SEREBRENICK, Salomão. O 1º aniversário. *RBM*. Salvador, anno 2, n. 1/4, set./dez. 1930.
- SILVA, Clóvis Pereira da. Sobre a História da Matemática no Brasil após o período colonial. *Revista da SBHC*. São Paulo, n. 16, p. 21-40, jul./dez. 1996.
- STUYVAERT, M. A bôssa da Mathematica. *RBME*, Bahia, anno 1, n. 2, p. 29, out. 1929.
- TAVARES FILHO, Pedro Muniz. Requisição de inscrição para concurso de livre-docente..., 15/09/1934. *Pasta Pedro Muniz Tavares Filho*. Salvador, Arquivo da Escola Politécnica, UFBA.
- TEIXEIRA, Cid. In: Nome de rua no Itaigara é homenagem a engenheiro. *A Tarde*. Salvador, 18/03/2000.
- LISBOA, Elisio Carvalho. Replicando ao prof. Amaral. *Técnica - Revista de Engenharia*, Salvador, ano II, n. 8, mar./abr. 1942.

SALOMÃO SEREBRENICK, 1909-19[92]

Imigrante judeu nascido em Briceni, Bessarabia (Moldávia), aos 23/01/1909, filho do russo Samuel Serebrenick e de Dora [Débora] Serebrenick. Ingressou no curso de Engenharia Civil da Escola Polytechnica da Bahia em 1926, o qual concluiu em 11/1930, tendo colado grau em 02/1931. Após a sua formatura, mudou-se para o Rio de Janeiro, onde fixou residência. Naturalizou-se brasileiro em 1933 (DO 20/01). Casou-se com Berta Serebrenick e teve duas filhas Suzana e Iná.

Iniciou precocemente sua trajetória científica ainda na Bahia, quando, em 1927, aos 18 anos, publicou *Demonstração do Postulado de Euclides*; depois vieram a lume: Revista Brasileira de Mathematica, que durou de 1929 a 1932; *Aspectos da Superfície do Sol*, resultado de um estudo inédito sobre as manchas solares observadas na primeira semana de 1930.

No Rio de Janeiro desenvolveu uma carreira tão prolífera quanto plural, dedicando-se principalmente à Climatologia, à Meteorologia, à Hidrologia e à Geografia, mas também à Literatura, à História e ao Jornalismo.

Em 1940, apresentou sua *Classificação meteorológica dos climas do Brasil* no IX Congresso Brasileiro de Geografia, trabalho incluído na *Cronologia da Ciência Brasileira* publicada por Schwartzman (1979, p. 438). Sua monografia *Racionalização das carreiras profissionais do serviço público* foi premiada em primeiro lugar no concurso promovido pelo DASP em 1941; publicou o manual escolar *Aspectos geográficos do Brasil* em 1942, muito difundido no ensino médio brasileiro durante anos. Outro trabalho seu, *O papel da Engenharia no desenvolvimento nacional*, foi premiado no concurso comemorativo do 90º aniversário do Clube de Engenharia em 1970. Também Ab'Saber (1979, p. 125-144) fez referência aos seus comentários ao clássico *História natural do Brasil* de Marcgrave. Outros trabalhos de sua autoria: Observações sobre a influência inibidora do ar marítimo na área de proliferação do barbeiro; sobre o clima da Ilha de Trindade; mapa climatológico do Brasil; pesquisa comparativa sobre o regime das chuvas na época das invasões holandesas no Nordeste e o observado em meados do século atual.

Militou em diversas organizações judaicas. Foi um dos fundadores da Sociedade Israelita-Brasileira de Organização, Reconstrução e Trabalho (ORT) no Rio de Janeiro em 1943, da qual foi posteriormente Presidente da Diretoria, Presidente Honorário e membro do Conselho Geral mundial. Foi professor de Matemática da Escola Industrial ORT, inaugurada em 1945 e transformada em 1970 num Instituto de Tecnologia. Foi Presidente do Conselho Deliberativo da Federação Israelita e do Conselho Deliberativo da Sociedade Hebraica, do Rio de Janeiro. Publicou *Peculiaridades da problemática judaica no Brasil*, em iídiche; *Breve história dos judeus no Brasil - 1500 a 1900*, em 1962, *Glossário etimológico de nomes da história judaica*, em 1993.

Salomão Serebrenick ocupou diversos cargos e exerceu várias funções públicas e privadas de grande importância e projeção social, onde sua cultura enciclopédica foi utilizada para a realização de diversos trabalhos. Foi Diretor de Estudos e Projetos e Diretor de Planos e Obras da Comissão do Vale do São Francisco (SUVALE, CODEVASF); Chefe da Seção de Climatologia do Ministério da Agricultura; Membro da Subcomissão de Critérios Técnicos para localização da nova capital federal; membro do grupo executivo do convênio USAID-SUDENE-CVSF- CHESF para levantamento dos recursos naturais da bacia do São Francisco; membro da comissão coordenadora do Plano de Investimento no Setor de Saneamento do Ministério do Planejamento; integrou a equipe de estudos para a construção da barragem de Três Marias; realizou avaliações sobre as causas e consequências das cheias sobre Petrópolis.

No Jornalismo, trabalhou para Bloch Editores como consultor científico, tendo criado o suplemento histórico-geográfico-turístico *Coisas do Brasil* da revista Fatos e Fotos. Não apenas dominava vários idiomas – português, inglês, alemão, francês, russo, romeno e hebraico – dos quais era tradutor impecável, como tinha também reconhecidos conhecimentos lingüísticos e literários, tanto que foi revisor do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa* de Antônio Houaiss; pesquisou os erros mais corriqueiros nos maiores jornais do país durante 15 anos, anotou-os, explicou-os e publicou-os no livro *70 segredos da Língua Portuguesa*; fez uma *Análise do romance brasileiro do século XX*, publicada no Diário de Notícias; supervisionou a edição do Dicionário de Antenor Nascentes; escreveu um ensaio sobre o escritor judeu-português Samuel Usque.

Salomão Serebrenick também foi professor em instituições de ensino superior. Lecionou Hidrologia e Meteorologia na Universidade Rural do Rio de Janeiro; Matemática Superior na Escola Livre de Engenharia do Rio de Janeiro e Literatura Judaica na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Participou também de diversos fóruns técnicos e científicos, como o Congresso Internacional de Navegação, em 1957; a Conferência Mundial de Energia, em 1958; a Conferência Sul-Americana de Meteorologia e Radiocomunicações e a Conferência Latino-Americana de Meteorologia. Foi membro da Associação de Geógrafos Brasileiros; do Clube de Engenharia; do PEN Clube do Brasil e conselheiro da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária.

FONTES DA NOTABIOGRÁFICA

- NISKIER, Arnaldo. A luz do sábio Salomão z”l. In: SEREBRENICK, Salomão. *Glossário etimológico de nomes da história judaica*. Rio de Janeiro: Bloch, 1993 (publicação póstuma).
 PASTA DO ALUNO: SALOMÃO SEREBRENICK. Salvador: Arquivo da EPUFBA.
 RODRIGUES, Alvimar. Uma obra no plural. In: SEREBRENICK, Salomão. *70 segredos da língua portuguesa*. 3. ed. Prefácio: Arnaldo Niskier. Rio de Janeiro: Bloch, 1991 (1. ed., 1990).
 SEREBRENICK, Roberto. Entrevista pessoal, jan. 2000.
 WHO’S WHO IN BRAZIL, v. II, L-Z, 6. ed. São Paulo, 1976/77.
 WURMAN, Suzana. Entrevista pessoal, jan. 2000.

OBRAS LOCALIZADAS DE SALOMÃO SEREBRENICK

- SEREBRENICK, Salomão. *Aspectos geográficos do Brasil: o clima, a terra e o homem*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1942. 49 p.
 SEREBRENICK, Salomão. *Condições climáticas do vale do São Francisco: clima, enchentes e estiagens, reflorestamentos*. Rio de Janeiro: Dep. de Imprensa Nacional, 1953.
 SEREBRENICK, Salomão. *O desenvolvimento econômico do São Francisco: um planejamento econômico regional em marcha*. Rio de Janeiro: [s.n.], 1961. 149 p.
 SEREBRENICK, Salomão. *Breve história dos judeus no Brasil - 1500 a 1900*. Rio de Janeiro: Biblos, 1962. 10 v.
 SEREBRENICK, Salomão. 100 anos ORT - mundial, 37 anos ORT - Brasil. Rio de Janeiro: ORT, *Manchete*, 1980. 32p.

SEREBRENICK, Salomão, SERRA, Adalberto (org.). *Tabelas psicrométricas*. 2^a ed. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura, 1986. 102 p.

SEREBRENICK, Salomão. *70 segredos da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Bloch, 1989.

SEREBRENICK, Salomão. *Glossário etimológico de nomes da história judaica*. Rio de Janeiro: Bloch, 1993 (publicação póstuma)

AGRADECIMENTO

Agradeço a Ubiratan D'Ambrósio pela sugestão e pelo incentivo; sou grato a Maria Amélia M.Dantes e José Carlos B. de Santana pelas críticas e sugestões, que não me eximem da responsabilidade pelo que foi escrito neste trabalho. Finalmente, agradeço a Suzana Wurman, a Roberto Serebrenick e a Caio Lóssio Botelho pelas informações e materiais que me passaram a respeito de Salomão Serebrenick.

WITTGENSTEIN Y LOS PARADIGMAS DE KUHN

*César Lorenzano**

RESUMEN

Se analizan las relaciones entre las concepciones de Thomas Kuhn y de Ludwig Wittgenstein, a la luz de las indicaciones que sobre el proceso de aprendizaje de la ciencia que hace el primero, por las que piensa que su descripción de un aprendizaje mediante ejercicios prácticos tiene semejanzas con la manera en que -según Wittgenstein- se aprende a usar un concepto. Se sostiene que la descripción es correcta, pero que en la misma se encuentran contenidas semejanzas y diferencias, que no son mencionadas por Kuhn. Para ello se estudia -siguiendo a la concepción estructural de la ciencia- el aprendizaje del polo empírico y del polo teórico de las teorías científicas. En el primero, se analiza que los “parecidos de familia” entre los modelos de una teoría son estructurales y no fenoménicos. En el polo teórico, se encuentra que la proximidad entre ambos autores es cercana en un aspecto insospechado, el de considerarlo un saber práctico, aunque difieren radicalmente en la estructura de dicho saber.

Palabras clave: Kuhn; Wittgenstein; paradigma; concepción estructural de la ciencia; conocimiento práctico.

WITTGENSTEIN AND KUHN'S PARADIGMS

The article analyzes the relations between the Wittgenstein and Kuhn's conceptions, considering, in the first place, Kuhn's description of the learning process of science by solving practical exercises, which he thinks is similar to Wittgenstein's description of learning of the use of a concept by pointing a paradigmatic case. This paper states that Kuhn is right when he says so, but there also are some other similarities and differences that are not considered by him. In order to support such a position, we analyze -according to the structural conception of science- the learning of the empirical and the formal aspects of a theory. When we consider the empirical aspects of a theory, we argue that the “family resemblance” among the models of a theory are structural and not phenomenal. When we take into account the formal aspects of a theory, we find that for both authors knowing the theory consists in a peculiar “know how”, although the structure of this knowledge is quite different for each of them.

*Universidad de Buenos Aires. Director de la Maestría en Epistemología e Historia de la Ciencia de la Universidad Nacional de Tres de Febrero. *E-mail:* cesarlor@arnet.com.ar

Key words: Kuhn; Wittgenstein; paradigm; structural conception of science; know-how.

INTRODUCCION

A más de treinta años de la aparición de su obra más significativa, *La estructura de las revoluciones científicas*, Thomas Kuhn sigue ocupando una posición clave en la filosofía y la historia de la ciencia contemporánea. Su pensamiento se ha analizado reiteradamente a la luz de distintas corrientes filosóficas, histórica o sociológicas.¹ Sin embargo, pese a que Kuhn mencionara en varias ocasiones sus coincidencias teóricas con Ludwig Wittgenstein y a que el término “paradigma” que emplea en su filosofía de la ciencia sea un homenaje explícito a esta figura clave de los estilos de pensamiento que cristalizaran en la Viena de los años veinte, se ha prestado escasa atención a los nexos que los unen.²

En este escrito me propongo analizar las diferencias y semejanzas entre ambas concepciones, tomando como eje las afirmaciones de Kuhn de que la ciencia se aprende no tanto por la enseñanza de reglas, conceptos, leyes o teorías en abstracto, sino mediante prácticas en las que se resuelven problemas similares a los que se plantean en los primeros y más exitosos casos de aplicación de los distintos paradigmas -sus ejemplares paradigmáticos-, y que este procedimiento tiene semejanzas con la manera en que -según Wittgenstein- se aprende a usar conceptos en el lenguaje cotidiano.³

En beneficio de la claridad conceptual y expositiva, emplearé la caracterización de “paradigma” que hace la concepción estructural de la ciencia, y que se puede sintetizar diciendo que consta de modelos en un *núcleo teórico K*, definidos por las funciones teóricas y no teóricas de las leyes centrales de la teoría -su polo formal, abstracto-, y un conjunto abierto de *aplicaciones I* de esas

¹Kuhn (1971). Para un análisis de las relaciones -complejas y contradictorias- entre la filosofía de la ciencia de Rudolf Carnap y la de Thomas Kuhn, véase: Lorenzano (1994).

²Wittgenstein es mencionado explícitamente por Kuhn (1971) en p. 82. Wittgenstein (1958).

³Dice Kuhn: “Como debe ser obvio ya, los científicos nunca aprenden conceptos, leyes y teorías en abstracto y por sí mismos. En cambio, esas herramientas intelectuales las encuentran desde un principio en una unidad histórica y pedagógicamente anterior que las presenta con sus aplicaciones a cierto rango concreto de fenómenos naturales; sin ellas, ni siquiera podría esperar ser aceptada. Después de su aceptación esas mismas aplicaciones u otras acompañarán a la teoría en los libros de texto donde aprenderán su profesión los futuros científicos. No se encuentran allí como mero adorno, ni siquiera como documentación. Por el contrario, el proceso de aprendizaje de una teoría depende del estudio de sus aplicaciones, incluyendo la práctica de resolución de problemas, tanto con un lápiz y un papel, como con instrumentos de laboratorio. Por ejemplo, si un estudiante de la dinámica de Newton descubre alguna vez el significado de términos tales como “fuerza”, “masa”, “espacio” y “tiempo”, lo hace menos a partir de las definiciones incompletas, aunque a veces útiles de su libro de texto, que por medio de la observación y la aplicación de esos conceptos a la resolución de problemas.” Kuhn (1971) p. 85-86.

leyes, que pueda expandirse en la medida en que se incorporen leyes especiales derivadas de las leyes centrales, y que constituye la semántica informal del núcleo abstracto, su polo “empírico”.⁴

En nuestro análisis, veremos que el proceso de enseñanza de la ciencia es extremadamente más complejo de lo que pensaba Kuhn, y que sólo exhibe un “aire de familia” con el desarrollo wittgensteniano, ya que con respecto al polo empírico, los científicos aprenden aspectos que Kuhn casi no menciona, y si consideramos el abstracto, se incorporan otros que Wittgenstein escasamente aceptaría. Por otra parte, encontraremos coincidencias profundas poco exploradas en su común descripción de aprendices que incorporan a su subjetividad disposiciones a ver y a actuar, que se encuentran tan alejadas de los habituales análisis objetivistas o lógicos de la ciencia.⁵

Algunas de las conclusiones a las que se llegan no podré más que enunciarlas, sin hacer un desarrollo completo.

LOS PARECIDOS DE FAMILIA EN KUHN Y EN WITTGENSTEIN

Con respecto a los “modelos empíricos” de un paradigma, Kuhn tendería a pensar que mediante los ejercicios prácticos se aprenden esos parecidos fenoménicos que guían la mirada que el científico dirige al mundo para buscar y localizar nuevos modelos.

Luego de mencionar la posición de Wittgenstein que surge de su descripción del proceso mediante el cual un parlante aprende a aplicar correctamente un predicado, nos referiremos al análisis de Redford Brambrough, a fin de introducir nociones que van a alejar a los parecidos entre los “ejemplares” que se nombran en el lenguaje cotidiano del que exhiben los modelos de una teoría científica.⁶

Wittgenstein da una respuesta sorprendente a la pregunta por las características comunes a todos aquellos que son nombrados por un mismo predicado, ya que concluye luego de argumentar con ejemplos y contraejemplos, que tales características no existen, nos dice que un parlante aprende a aplicar un predicado a partir de señalamientos de “ejemplares paradigmáticos”, mediante los cuales comienza a

⁴Para la concepción estructural, véase: Sneed (1971), Stegmüller (1983), Moulines (1982). Tanto Sneed como Stegmüller dedican una parte importante de estos escritos a elucidar la manera en que la estructura formal de las teorías científicas –obtenida empleando teoría informal de conjuntos y teoría de modelos– permite comprender con toda precisión lo que Kuhn intentó explicitar con la noción de “paradigma”. Stegmüller muestra además, como el alejarse de una concepción enunciativa de las teorías, para pasar a una concepción semántica, hace que gran parte de las objeciones hechas a Kuhn fueran desechadas. La corrección de estos análisis fue aceptada por el propio Kuhn en: Kuhn, T. (1976) La coincidencia entre ambos enfoques la reitera al dejar la presidencia de la PSA.

⁵Esta circunstancia probablemente contribuyó a sus desencuentros con la anterior filosofía de la ciencia, acostumbrada a rechazar por “psicologista” explicaciones y/o razones que mencionaran el psiquismo de los científicos.

⁶Brambrough (1966).

reconocer la red de “parecidos” que entrelazan a los miembros de esas “clases naturales” que delimitan los conceptos.

Hace notar Bambrough que esta respuesta aparentemente trivial es *la gran contribución de Wittgenstein al problema de los universales: lo común no es ninguna otra cosa que el simple hecho de pertenecer al conjunto de elementos (familia natural) al que hace referencia el concepto.*

La manera que adopta para mencionarlo es que el juego de cartas, el basketball, el ajedrez, *son* juegos, remarcando la palabra *son*. Lo hace para indicar que si bien el término para designarlos es arbitrario -y en esto coincide con el nominalismo-, no es arbitrario que una vez elegida la palabra “juego” o “game” se aplique a determinados sucesos de la realidad y no a otros. La arbitrariedad inicial termina, para dar lugar a una *racionalidad* que puede ser aprendida y enseñada por mostración directa, de tal manera que un parlante, después de pocos ejemplos, es capaz de indicar con corrección otros ejemplares a los que aplicar predicar un término dado.

A continuación, dice que aunque los términos indiquen similitudes y diferencias *objetivas* -lo que justifica al teórico realista- éstas se encuentran basadas en *criterios clasificadores previos*, lo que hace que las similitudes sea finalmente escogidas arbitrariamente de acuerdo a nuestros propósitos e intereses. Resulta claro que aunque nosotros clasifiquemos con entera naturalidad a los árboles en cítricos, manzanos, etc., podremos captar la racionalidad de otro criterio por el que los árboles se clasifiquen y agrupen en aquellos que sirven para construir botes, u otros que son aptos para construir casas, desde el punto de vista de otros fines, o en otra cultura.⁷

La reconstrucción que hace Bambrough del pensamiento de Wittgenstein, al asimilar los “parecidos de familia” a *similitudes clasificadoras*,⁸ e introducir en el análisis la noción de “parecidos con respecto a un criterio previo”, nos permite *ahondar en las diferencias entre el aprendizaje de un lenguaje cotidiano, y el de los paradigmas científicos*, que pudieron -quizás- pasar inadvertidas, ya que en las lecturas habituales de Wittgenstein ha sido usual privilegiar los parecidos de índole fenoménica, descuidando las similitudes estructurales, o las que surgen de las necesidades clasificadoras.

No habría dudas de que en el lenguaje ordinario, los parecidos fenoménicos entre las imágenes de uno y otro caso de aplicación de un concepto jugarían un rol importante. En ciencia, nos dice Kuhn, los parecidos fenoménicos intervienen para “intuir” cuáles serán los nuevos modelos de la teoría, en una heurística fuertemente emparentada con el pensamiento analógico, sin cuestionar su rol en la investigación y sin incluir entre ellos otra índole de relaciones.

⁷Estos criterios clasificadores los aprenderíamos asimismo por mostración de ejemplares paradigmáticos; comprenderíamos que “rojo” se aplica a objetos con infinitos matices de rojo, y también, ya que el sistema clasificador se refiere no al rojo aislado, sino al sistema de colores, qué cosa deja de ser rojo para ser azul, o anaranjado, sin que en este aprendizaje exista la aprehensión de una esencia, la rojez.

⁸Nosotros también iremos más allá al notar que las clasificaciones pueden surgir de totalidades más complejas.

La concepción estructural refleja formalmente esta situación, al expresar que el conjunto I de aplicaciones propuestas de la teoría -de las que distingue un subconjunto formado por las primeras aplicaciones exitosas (aplicaciones paradigmáticas)-, serían la *semántica informal*, el mecanismo por el cual adquieren terrenalidad -contenido empírico- los modelos abstractos del polo formal. Se trataría de un “conjunto abierto”, que admitiría nuevos miembros, o la eliminación de otros que se encontraban incluidos, lo que posibilita que el formalismo refleje el carácter de inacabado de un paradigma, el que se desarrolla históricamente cuando se le encuentran nuevas aplicaciones empíricas con sus correspondientes modificaciones en el polo abstracto. En este esquema, las aplicaciones paradigmáticas juegan un papel similar al de los ejemplares paradigmáticos de Wittgenstein, quien no cuestionaría que el conjunto de ejemplares que caen bajo un concepto fuera asimismo un conjunto abierto.

Tampoco desde la concepción estructural se problematiza la existencia de parecidos entre los sucesivos modelos de una teoría, y el parecido de todos ellos con los modelos paradigmáticos. Mas si reflexionamos, encontraremos que las similitudes científicas serían más profundas que las meramente aparentes. El lenguaje de la ciencia supera los “aires de familia” cotidianos, para delimitar otras clases no tan naturales, las clases científicas, en ocasiones fuertemente anti-intuitivas, incluso a un nivel tan bajo de la conceptualización como lo es la taxonomía, en la que el parecido pasa por satisfacer ciertos comportamientos, ciertas leyes, que permiten situar -por ejemplo- al ornitorrinco entre los mamíferos, aunque sea ovíparo y posea aspecto de pato.

Si analizamos formas complejas de conocimiento como las teorías científicas -los paradigmas-, veremos que de manera análoga a como lo hacía Brambroug con los miembros de un conjunto acotado por un concepto, únicamente podremos decir de sus modelos que tienen en común el hecho de *ser modelos del núcleo teórico*, y lo son, pues satisfacen las leyes del paradigma. No poseen un parecido fenoménico, sino sólo el que surge de la obediencia a una legalidad, un parecido *estructural*. Pensemos: ¿en qué consiste el aire de familia entre el sistema solar, un péndulo, agua pasando por un orificio, las mareas, modelos todos de la mecánica newtoniana? ¿en que se desplazan de cierta manera? Pero si esto es lo propio de la dinámica de los cuerpos, no de la mecánica clásica. Aparentemente, no comparten ninguna cualidad que sea de visualización inmediata. El parecido fenoménico del que nos habla Kuhn se subordina a la satisfacción de leyes -incluso en la dinámica-, y cumple sólo funciones heurísticas en la investigación, conjuntándose con un pensamiento por analogía más elemental, mas sin identificarse con él, ya que el pensamiento científico detecta además similitudes estructurales.⁹

⁹En la concepción estructural, el nexo que une a los distintos modelos de una teoría, y que los hace pasar de ser modelos aislados, a constituir una red de modelos, no son sus parecidos fenoménicos, sino unas funciones especiales denominadas “condiciones de ligadura”. En la mecánica clásica -por ejemplo- una de estas ligaduras entre modelos lo constituye la masa, que debe ser la misma para un mismo elemento en cualquier modelo en el que intervenga.

Si en este momento recordamos ejemplos clásicos de Wittgenstein, -mesa, silla, juegos-, que ofrecían “parecidos de familia” con cualidades fenoménicas tan evidentes como las que surgen del retrato de un grupo de familiares, apreciaremos en su justa medida cuánto se separa de ellos la semántica informal que nos proponen Kuhn y Sneed, de un enorme ascetismo fenoménico, aún cuando sea su continuación en otro plano, el científico.

EL PLANO TEORICO DE LA CIENCIA

Recordemos sumariamente el intento de Wittgenstein: se trata de mostrar el proceso de aprendizaje de un lenguaje, descomponiéndolo en múltiples porciones, a las que denomina juegos lingüísticos, cada uno de ellos con sus propias reglas organizativas, y su forma específica de aprendizaje. Se sirve para ello de ejemplos elementales en ocasiones, más complejos en otras, interpretando a cada uno como si fuera un lenguaje acabado de por sí, para iluminar con estos juegos menores aspectos del gran juego que es el lenguaje global.¹⁰

Aparentemente, Kuhn ve en los “juegos lingüísticos” de Wittgenstein elementos que son importantes para su concepción de la ciencia, entre los que podríamos señalar, centralmente el aprendizaje del uso de las palabras -insertas en un lenguaje restringido- mediante ejemplos que las ilustran y no mediante definiciones, sin advertir -y sin sacar las necesarias conclusiones-, que su descripción introduce en el proceso un conjunto de reglas y de componentes simbólicos y matemáticos, un complejo núcleo teórico propio de la ciencia, *y con él los mecanismos que marcan las variaciones admisibles de las leyes y de los modelos*. Resulta claro de los escritos de Kuhn que la

¹⁰Wittgenstein inicia sus reflexiones con la narración de San Agustín acerca de cómo le enseñaron a hablar comenzando por nombres de cosas tales como “hombre”, “azúcar”, “mesa”, etc., pero no del tipo “hoy”, “no”, “pero”, que no hablan de cosas, señalando que Agustín ha hecho una descripción correcta de *un lenguaje más sencillo que el nuestro*. A continuación nos muestra como sería un lenguaje de ese tipo -un juego lingüístico simple- añadiéndole otras funciones que lo hicieran apto para una comunicación elemental.

El juego incorpora nuevos elementos: nombres propios, números, lugares; otros juegos lingüísticos mostrarán otros aspectos de la enseñanza de porciones de lenguaje, y al hacerlo, ilustrarán el uso que poseen.

De ejemplos más complejos, que se refieren a otro tipo de conceptos, dirá Wittgenstein:

“La función de nuestros ejemplos no era la de mostrarnos la esencia de “derivar”, “leer”, etc, a través de un velo de rasgos inesenciales; los ejemplos no eran descripciones de una fuerza que nos permitiese barruntar un dentro que, por una u otra razón, no podría mostrarse en su desnudez. Nos sentimos tentados a pensar que nuestros ejemplos son medios indirectos de producir una determinada imagen o idea en la mente de una persona, que insinúan algo que no pueden mostrar. Esto sería así en algún caso como el siguiente: supongan que yo quiero producir en alguien la imagen mental del interior de una determinada habitación del siglo dieciocho en la que le está prohibido entrar. Para ello adopto este método: le muestro la casa por fuera, señalando las ventanas de la habitación en cuestión y después de conducirlo a otras habitaciones del mismo período. Nuestro método es puramente descriptivo; las descripciones que damos no son esbozos de explicaciones.” En: Wittgenstein (1976) p. 111.

compleja estructura del polo teórico se aprende por una manipulación práctica, *que la desmonta y vuelve a armar* una y otra vez en el curso de las variaciones casi infinitas que proponen los ejercicios de los libros de texto. *En esa manipulación se aprendería, también por “mostración directa”, la secuencia de acciones que llevarían a controlar el uso de lo teórico y los dispositivos por los que varían sus axiomas fundamentales -transformándose entonces en leyes especiales- a fin de adaptarse a distintos modelos del paradigma.*¹¹

Diríamos que Kuhn no advierte que comparte con los ejemplos de Wittgenstein sólo el “aire de familia”, que poseen los juegos de enseñanza y aprendizaje, pero que el juego de la ciencia es distinto a los del lenguaje ordinario. *Al no hacerlo, produce una descripción correcta, pero una interpretación equivocada del proceso de aprendizaje y enseñanza de la ciencia.*

Como veremos, cuando incorpora a la reflexión el aparato simbólico de la ciencia, su núcleo teórico, introduce sin mencionarlo un elemento que lo aproxima a Wittgenstein de manera más profunda que lo analizado comúnmente, pero que al mismo tiempo lo separa radicalmente de él. En los planos que delimitan estas coincidencias y divergencias se inscribe la necesidad de una filosofía de la ciencia, y una teoría del conocimiento que las contemplen.

Ya habíamos mencionado a la concepción estructural de la ciencia, como esa filosofía de la ciencia que formaliza simultáneamente teorías científicas reales, y su evolución histórica. También nos permitirá comprender ese elemento diferenciador.

En este momento vamos a avanzar -brevemente- en la consideración de la teoría del conocimiento que surge de tomar seriamente la descripción de Kuhn del aprendizaje de la ciencia, a la luz de la clásica división del conocimiento en *saber qué* -un conocimiento proposicional, teórico-, y un conocimiento práctico, el *saber cómo*.

Paradójicamente, si su descripción es correcta, el polo más abstracto, teórico de las teorías -considerado el paradigma del saber qué-, puede ser visto, fundamentalmente como un conocimiento *práctico*, ya que lo que describe es la incorporación a la subjetividad del científico de un conjunto de habilidades, de disposiciones a actuar -a manipular- de cierta manera a los símbolos.

Estas consecuencias de la concepción kuhniana del aprendizaje científico tienden a coincidir con las doctrinas de Wittgenstein para quien el *saber cómo* no se agota en saber cómo usar un lenguaje y se extiende incluso a los procesos simbólicos más generales y más abstractos, como los de las matemáticas y la lógica, que consistirían

¹¹Si seguimos la terminología de concepción estructural, interpretamos que se interioriza la manera en que las estructuras formales se aplican a los casos paradigmáticos, y además la forma en que pueden transfigurarse las leyes más generales en leyes especiales aptas para ser usadas en los distintos modelos empíricos, una ley para cada modelo. Estas *manipulaciones* transformadoras que llevan a las leyes especiales formarían una “familia natural” de acciones, con reconocibles “aires de familia”, soterradas, inconscientes, que rigen el sistema de transformaciones que unifica toda la legalidad y la aplicabilidad del paradigma.

centralmente en una habilidad para manipular sus símbolos. Existiría, sin embargo, una diferencia sustancial entre el saber cómo que se deriva de la concepción paradigmática de la ciencia y el que propone Wittgenstein.

Haremos notar que para Wittgenstein las matemáticas -y las ciencias en general- *están bien como están*, y por lo tanto no necesitan ninguna fundamentación en otra disciplina, sea ella la lógica, como lo intentó en vano el logicismo de Bertrand Russell, o la teoría de conjuntos, como lo hizo con éxito el grupo Bourbaki, y en consecuencia las fórmulas y sus operaciones se encuentran expresadas en las matemáticas tal cual ellas son. Lo mismo puede decirse con respecto a la ciencia. En cierto sentido, la ciencia consistiría únicamente en sus manifestaciones fenoménicas, las fórmulas escritas, y el saber como en las pautas conductuales que las manipulan y las producen.¹²

La pregunta que surge es si efectivamente esto es todo lo que hay que saber acerca de las ciencias, si todo lo que hay que decir se encuentra ya dicho en los *Principia* de Newton, o en los manuales con los que los científicos aprenden las reglas de su oficio. Si así fuera, la manipulación de las representaciones simbólicas conduciría rectamente a un *saber cómo* wittgensteniano.

Kuhn y la concepción estructural creen -después de continuar largas tradiciones de investigaciones formales e históricas-, y siguiendo los hallazgos de Bourbaki en las matemáticas, que por debajo de los simbolismos con los que se encuentra escrita la ciencia -y las matemáticas- existen otras estructuras, más primitivas, más básicas, no “perceptibles”, a partir de las cuales se explican las primeras, un pequeño núcleo de estructuras fundamentales que generan a las demás. *Un plano teórico por debajo del observacional, que no encuentra cabida en la concepción de Wittgenstein.*

La diferencia es comprensible, si recordemos que las teorías poseen una estructura mucho más compleja de lo que entendía Wittgenstein, para quien eran simples reglas de inferencia que permitían pasar de un enunciado empírico a otro enunciado empírico, una regla más elaborada pero de la misma índole por la que pasamos, por ejemplo, del número 8 al número 9.

Esa complejidad comprende un predicado conjuntista con términos teóricos y no teóricos que define distintos niveles de modelos de la teoría en el núcleo teórico, y una semántica informal de modelos “empíricos” cuya manipulación enseña lo teórico e indica donde investigar nuevos modelos empíricos.

Sneed avanza en este sentido, reafirmando lo que expresa Kuhn cuando sostiene, *y esta es una afirmación empírica, que la reconstrucción no sólo expresa el formalismo oculto de las teorías, sino que además es una buena representación del comportamiento del científico*, es decir, que las teorías acerca de la realidad tienen la forma propuesta por la concepción estructural, y que se investiga siguiendo pasos que no se encuentran en los escritos científicos, pero que son explicitados por la reconstrucción formal. Una afirmación notable en un filósofo de la ciencia, que supuestamente no podría

¹²Wittgenstein (1956). Shwayder (1971).

avanzar más allá de los análisis formales, y a la que no se ha prestado la suficiente atención, ni se le han sacado sus necesarias conclusiones, pese a ser reiteradamente corroborada por la práctica científica.¹³

Si interpretamos correctamente lo precedente, el científico, cuando hace sus ejercicios, interioriza, aprende, no sólo la manipulación de las reglas que aparecen en las leyes, como lo quiere Wittgenstein; aprende más que lo aparential de las teorías, y se comporta de acuerdo a este plus: *aprende las estructuras conjuntistas, no proposicionales, que descubre la concepción estructural de las teorías, DE LAS QUE NO ES CONSCIENTE*, pero que rigen, con su legalidad teórica, sus investigaciones, guiándolas con seguridad aún en ausencia de reglas expresas de procedimientos.

Si esto fuera así, los paradigmas -la ciencia, en suma- serían, en la subjetividad de los científicos que conforman la comunidad científica, un saber cómo -un saber práctico- regido por estructuras conjuntistas. Y la teoría del conocimiento implícita en esta concepción de la ciencia, debiera ser una que teorice acerca de un psiquismo integrado por estructuras interiorizadas en el curso de ejercicios prácticos -modelos de la teoría-, a partir de las cuales se genera la disposición a manipular adecuadamente signos, símbolos, relaciones y elementos de una teoría dada, de tal manera que pueda reproducir lo conocido, y sean al mismo tiempo las herramientas con las que intente ampliarlo.¹⁴

No quisiera dejar de mencionar muy brevemente que esta lectura de Kuhn -y de la concepción estructural- permite introducir una distinción en la noción de paradigma que arroja luz sobre algunos aspectos controvertidos de su filosofía de la ciencia.

Me refiero a la que se puede establecer entre una noción *objetiva* de “paradigma” –en el sentido del conocimiento objetivo de Popper- y que existe tanto en los escritos de Kuhn, quien lo define informalmente, como en los de la concepción estructural, que lo hace formalmente, con la noción de paradigma como *estructura psíquica*. Esta última acepción no puede ser reducida ni a los escritos científicos ni su análisis kuhiano, ni a su formalización conjuntista, y se refiere a esas estructuras disposicionales –residentes en el psiquismo de los científicos- de habilidades características con las que los científicos hacen ciencia, y que abarcan desde las que

¹³Según Sneed, el investigador procede estudiando tres niveles sucesivos de modelos de la teoría: identifica primero los miembros del dominio que va a estudiar, luego los “fija” mediante las funciones no teóricas, con lo que los comienza a manejar como un modelo parcial posible, le añade las funciones teóricas transformándolos en un modelo potencial, y a continuación investiga empíricamente si cumple los axiomas legaliformes, es decir, si se trata de modelos cabales del paradigma. Estos pasos coinciden con los tres tipos de modelos que integran al núcleo estructural de una teoría. El punto es señalado en Stegmüller (1982).

¹⁴No sería aventurado sostener que una teoría del conocimiento de esta índole debiera contener importantes elementos de la epistemología genética de Jean Piaget, quien caracterizaba al conocimiento como la interiorización de acciones estructuradas por parte de un sujeto epistémico. Véase: Piaget (1975)

rigen el manejo de la simbología científica, hasta el de los materiales y dispositivos experimentales.

Si lo hacemos, no sólo cobran sentido sus apelaciones a la psicología - psicologismo, según sus detractores-; se vuelve asimismo comprensible esa enigmática definición kuhniiana -“circular mas no viciosa”- por la que dice que paradigma es lo que comparte una comunidad científica, siendo a su vez la comunidad científica la que comparte un paradigma.

Esto es posible si completamos el sentido subjetivo de paradigma, afirmando que el paradigma como tal reside en el psiquismo de todos los miembros de la comunidad científica, y no en el de algún científico en particular. Siendo esto fuera así, coincidirían en su extensión ambos conceptos, por lo que sería razonable que individualizar uno de ellos equivaldría a individualizar al otro.

Los motivos para sostenerlo consisten en que si llamamos paradigma al conjunto de todo lo pertinente publicado en libros y revistas científicas, de todas las técnicas de laboratorio -en suma, la totalidad de conocimientos y habilidades que lo caracterizan-, entonces eso no puede ser conocido por ningún científico aislado; se encuentra repartido -necesaria y desigualmente- en la subjetividad de los miembros de la comunidad científica.

No es aventurado suponer que Kuhn aceptaría estas derivaciones de sus escritos, pues tienden a coincidir con las afirmaciones de Ludwik Fleck, un autor que “anticipaba muchas de mis propias ideas”, y lo hizo comprender que “podían necesitar ser establecidas en la sociología de la comunidad científica”-dice Kuhn, quien conoce su monografía cuando se encontraba madurando la noción de paradigma-.¹⁵ Fleck, en efecto, llama “estilo de pensamiento” a esa estructura psíquica que guía la investigación y la hace residir un el “colectivo de pensamiento”.¹⁶

Por supuesto, esto no implica sostener la existencia de ningún psiquismo colectivo -como lo piensa Fleck-; a los fines que nos interesa, alcanza son suponer que la totalidad del paradigma reside en la sumatoria de las psiquis individuales de los miembros de la comunidad científica.

Tenemos ya definidos los planos de diferencias y semejanzas entre Wittgenstein y Kuhn. Ambos creen que la demostración de ejemplos es parte inescindible del proceso de aprendizaje del lenguaje, y sostienen que los parecidos entre los miembros de los conjuntos delimitados de lo simbólico son centrales para extender el uso de los términos a otros segmentos de la realidad distintos a aquellos que se enseñó a nombrar ostensiblemente. Pero mientras Wittgenstein argumenta - sobre todo- a favor de parecidos fenoménicos, los parecidos de los paradigmas derivan de una legalidad, y son estructurales. Ambos piensan que el “saber cómo” es central -sino excluyente- en los procesos epistémicos. Sin embargo, ese saber es distinto para ambos, pues

¹⁵Kuhn (1971) p. 11.

¹⁶La noción de “estilo de pensamiento” no se limita al pensamiento científico, pues abarca a la producción de cualquier “colectivo de pensamiento”, sea este de científicos o no. Véase: Fleck (1935).

Wittgenstein negaría un plano “teórico” por detrás de los enunciados de la ciencia -la reconstrucción formal-, mientras que para Kuhn -siguiendo a la concepción estructural-, se encuentra caracterizado por una compleja estructura “teórica”, y no es aventurado pensar que sostendría una complejidad similar -isomorfa- en las estructuras -de índole práctica- que los científicos interiorizan en la manipulación de sus ejercicios, y que residirían en el psiquismo de la comunidad científica.

Algunos de estas semejanzas inspiraron a Kuhn para proponer la noción de paradigma. Lo que intentamos mostrar en este escrito, es que al hacerlo, se separa notablemente -sin advertirlo- del pensamiento de Wittgenstein. Estas diferencias no son triviales, pues son las que le permitieron ir más allá del empirismo de Wittgenstein, para llegar en su obra y en la de la concepción estructural, a una concepción de la ciencia sumamente compleja que teoriza acerca de paradigmas que residen en el psiquismo de la comunidad científica, y -parcialmente- en sus monumentos específicos, los libros y artículos publicados, y que capta -quizás como que ninguna otra- las peculiaridades de la ciencia, su estructura y su historia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BRAMBROUGH, R. Universals and family resemblance. En: PITCHER, G. (ed.) *Wittgenstein*. New York: Anchor Books, 1966. p. 186-205.
- FLECK, L. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Madrid: Alianza Universidad, 1986.
- KUHN, T. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: F.C.E., 1971.
- KUHN, T., Theory Change as Structure Change: Remarks on the Sneed Formalism. *Erkenntnis*, n. 10, 1976.
- LORENZANO, C. Thomas Kuhn y las concepciones heredadas. Treinta años de continuidades y rupturas. Instituto de Filosofía. Universidad de Buenos Aires. *Cuadernos de filosofía*, n. 40, abr. 1994.
- MOULINES, C.U. *Exploraciones metacientíficas*. Madrid: Alianza, 1982.
- PIAGET, J. *Introducción a la epistemología genética*. Buenos Aires: Paidós, 1975.
- SHWAYDER, D.S. El pensamiento de Wittgenstein sobre las matemáticas. In: WINCH, Peter y col. *Estudios sobre la filosofía de Wittgenstein*. Buenos Aires: EUDEBA, 1971.
- SNEED, J. *The logical structure of mathematical physics*. Dordrecht: Reidel, 1971.
- STEGMÜLLER, W. *Estructura y dinámica de teorías*. Barcelona: Ariel, 1983.
- STEGMÜLLER, W. *La concepción estructuralista de las teorías*. Madrid: Alianza, 1982.
- WITTGENSTEIN, L. *Philosophical investigations*. Oxford: Basil Blackwell, 1958.
- WITTGENSTEIN L. *Los cuadernos azul y marrón*. Madrid: Tecnos, 1976. p. 111.
- WITTGENSTEIN, L. *Remarks on the Foundations of Mathematics*. Oxford: Basil Blackwell, 1956.

ATRAJETÓRIA METAFÍSICA DA TEORIA DA ASCENDÊNCIA

*Daniel Sander Hoffmann**

RESUMO

A teoria do ecólogo norte-americano Robert E. Ulanowicz aponta para uma conexão entre a ecologia de ecossistemas, a termodinâmica e a teoria neo-darwinista, por considerar a auto-organização e a seleção natural como parte de um mesmo processo. A teoria enfatiza a autocatálise ou “mutualismo indireto”, colocando as causas formal e final aristotélicas no contexto de um “agente” ecossistêmico. Sob a influência das propensões popperianas, a teoria incorporou um esquema de “forças” mais amplo, inaugurando uma nova “metafísica ecológica”. Curiosamente, a modificação reiterada da base metafísica não alterou os formalismos matemáticos.

Palavras-chave: Robert E. Ulanowicz; teoria dos ecossistemas; teoria da evolução; auto-organização; propensões popperianas.

THE METAPHYSICAL TRAJECTORY OF ASCENDENCY THEORY

The theory of the American ecologist Robert E. Ulanowicz points to a connection between ecosystem ecology, thermodynamics and neo-Darwinian theory. He considers self-organization and natural selection as parts of a single process. His theory emphasizes autocatalysis or “indirect mutualism”, placing Aristotelian formal and final causes in the context of an ecosystemic “agency”. Under the influence of the Popperian propensities, the theory embodies a wider scheme of forces giving rise to a new “ecological metaphysics”. Curiously, the successive modifications of the metaphysical basis does not alter the mathematical formalism.

Key words: Robert E. Ulanowicz; ecosystem theory; evolutionary theory; self-organization; Popperian propensities.

INTRODUÇÃO

Tem havido recentemente muita incerteza e controvérsia na questão do *conhecimento geral* em ecologia. De fato, muitos gerenciadoreis ambientais passaram a duvidar da própria capacidade da ecologia em fornecer mais do que um simples *guia de orientação* para a confecção de políticas ambientais. Conforme Levins e Lewontin (1985), as ênfases em diversidade, complexidade e estabilidade como as

*Engenheiro Mecânico, Biólogo, Mestre em Engenharia, Mestre em Ecologia, Doutorando no Programa de pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular da UFRGS. E-mail: danielsh@vortex.ufrgs.br

tendências predominantes em ecologia somente podem ser entendidas como *ideológicas* em origem, pois a argumentação de que uma maior diversidade e complexidade levam a uma maior estabilidade do ecossistema tem sido defendida ou contestada por teorias contraditórias bem-estabelecidas. Além disso, vários ecólogos começaram a abandonar a busca de um conhecimento nomotético similar ao clamado por outras ciências (tais como a física e as matemáticas), sendo que muitas dúvidas têm sido levantadas a respeito do significado do conhecimento obtido sobre o comportamento de *sistemas ecológicos* (Cooper, 1998). A despeito dos esforços realizados por pesquisadores tais como os conhecidos “irmãos Odum” (que desenvolveram uma vasta literatura a respeito), a ciência da ecologia apresenta atualmente uma tendência à fragmentação do conhecimento. Muito pode ser dito da mesma forma para a biologia como um todo. Porém, nem todos os autores concordam com essa perspectiva. Dentre aqueles que defendem a unificação do conhecimento ecológico através de formalismos matemáticos, encontra-se o ecólogo teórico norte-americano Robert E. Ulanowicz, do Laboratório Biológico de Chasapeake, nos Estados Unidos. Este pesquisador caracteriza-se por possuir um interesse acentuado no embasamento epistemológico de sua disciplina e buscou, ao longo de diversos anos, compatibilizar seus desenvolvimentos matemáticos com sua compreensão particular a respeito do mundo vivo. Curiosamente, isto o levou a modificar reincidentemente a base metafísica de seu trabalho, sem no entanto alterar de forma marcante os formalismos científicos propriamente ditos, o que por si se constitui em interessante alvo de investigação. Porém, mais do que isso, sua nova perspectiva metafísica se revela importante na discussão da tese evolutiva como um todo, particularmente no que concerne à conexão entre a ecologia de ecossistemas e a teoria neo-darwinista.

O presente trabalho objetiva o exame detalhado de alguns aspectos centrais da teoria ecológica desenvolvida por Ulanowicz (1980, 1986, 1990, 1996, 1997) à luz da influência recebida por este de Aristóteles (Ulanowicz, 1990; Rosen, 1985) e de Karl Popper (1990). No aspecto associado ao primeiro filósofo, é analisada a tentativa de incorporação das quatro causas aristotélicas na teoria ecológica, o que exige uma breve discussão da releitura aristotélica inicialmente propagada pelo biomatemático e filósofo canadense Robert Rosen (1985, 1991). Já no tangente a Popper, é discutido o modo pelo qual a leitura deste provocou uma mudança fundamental na visão ecológica de Ulanowicz, em particular no que se refere ao desenvolvimento de ecossistemas (sucessão ecológica) associado à teoria das *propensões* popperianas.

AS TRANSIÇÕES OBSERVADAS NA TEORIA

No desenvolvimento da teoria de Ulanowicz podem ser distinguidos, para fins de análise, três momentos importantes: (1) a formulação original, (2) a reapresentação à luz da causalidade aristotélica e (3) uma nova reformulação, bem mais profunda, sob a influência da leitura de Karl Popper. A inclusão explícita das causas de Aristóteles pode ser vista como um simples subsídio adicional para um ponto de vista claramente

presente, desde o início, na expressão da teoria. Já a aceitação explícita da filosofia de Popper, mais particularmente de sua “teoria das propensões”, abriu a possibilidade de uma defesa extremamente original do assim chamado *princípio da ascendência*.¹ É interessante notar que isso implicou apenas em uma mudança de perspectiva metafísica, sem no entanto induzir uma modificação dos formalismos matemáticos da teoria. Porém, a última reformulação vem a produzir, como consequência fundamental, uma defesa mais forte dos formalismos originais. A análise será particionada, para fins de maior clareza, nas três fases de desenvolvimento da teoria acima destacadas. Isto implica em uma apresentação aproximadamente cronológica das modificações envolvidas, não eliminando, no entanto, a possibilidade de algumas referências cruzadas quando necessário.

A visão inicial de Ulanowicz: um mundo de incertezas

O primeiro trabalho sobre a teoria da ascendência, apresentado por Ulanowicz, apareceu em um número do periódico *Journal of Theoretical Biology*, intitulado “An hypothesis on the development of natural communities”.² A necessidade de uma aproximação descritiva sintética para o desenvolvimento de comunidades multiespecíficas de organismos foi justificada pelo autor em função da ausência de tentativas anteriores nesse sentido. Embora Eugene Odum (1969) houvesse identificado 24 atributos para a diferenciação de estágios iniciais ou finais de desenvolvimento, ainda não havia uma visão formal integrada sobre esse fenômeno. Isso é claramente percebido no seguinte extrato da introdução do artigo: “É necessária uma visão macroscópica, retratando fenômenos de desenvolvimento em situações diversas como uma única progressão mensurável” (Ulanowicz, 1980, p. 223-224). É evidente, nesse trecho, a busca de Ulanowicz por uma redução *descritiva* de sistemas complexos, tais como os ecossistemas, a uma forma analiticamente tratável. Adicionalmente, Ulanowicz salienta que

quando vistas ao nível de uma única população, ou de um pequeno subconjunto de populações, as intricácias da sucessão são excessivamente complexas, e parece impossível se formular uma única hipótese ou índice relevante a todas as situações. (1980, p. 223)

Porém, a mudança focal para a comunidade como um todo, na opinião de Ulanowicz, torna as coisas mais simples. Cabe notar que Ulanowicz foi fortemente influenciado pela escola dos irmãos Odum, a ponto de se interessar simultaneamente por descrições ecológicas macroscópicas e pelo fenômeno da sucessão. Há, no entanto,

¹O qual será introduzido no momento adequado.

²“Uma hipótese sobre o desenvolvimento de comunidades naturais” (Ulanowicz, 1980).

uma nítida distinção em termos de método, como se depreenderá mais adiante. No momento, não obstante, cabe destacar alguns aspectos das semelhanças e diferenças da abordagem de Ulanowicz com referência a outro pesquisador, o químico russo Ilya Prigogine – o qual é responsável pela introdução do conceito de “sistemas dissipativos” no âmbito da termodinâmica do não-equilíbrio, trabalho esse que lhe valeu um Nobel em química.

A termodinâmica aborda o comportamento de sistemas em três situações diferentes (Schneider e Kay, 1995): (1) em equilíbrio termodinâmico, (2) na proximidade do equilíbrio e (3) longe do equilíbrio. A primeira situação refere-se à termodinâmica clássica, porém as outras duas são de interesse maior para a biologia e a ecologia. Nicolis e Prigogine (1977, 1989) trabalharam com uma classe de sistemas que são abertos para o fluxo de matéria e/ou energia, e que permanecem em estados situados a certa distância do equilíbrio. Esses sistemas, denominados por Prigogine *sistemas dissipativos*, mantêm sua forma ou estrutura graças à contínua *dissipação* de energia. Conforme os autores, esses sistemas podem se manter por determinado período de tempo afastados do equilíbrio termodinâmico, em um estado estável caracterizado por baixa produção de entropia. Isso é realizado às custas do aumento de entropia do ambiente no qual os sistemas estão embebidos (obedecendo, assim, à segunda lei da termodinâmica, que estabelece que a entropia total deve sempre aumentar). Exemplos de sistemas dissipativos são as células de convecção (e.g., células de Bénard), os tornados, as células biológicas e os ecossistemas, dentre outros. Porém, conforme Schneider e Kay (1994), a descrição de Prigogine das estruturas dissipativas é limitada à vizinhança do equilíbrio – pois sua análise depende de uma expansão linear da função de entropia. Isto é extremamente sério, pois impede a utilização da teoria para sistemas biológicos e ecológicos complexos.

A idéia básica de Prigogine pode ser resumida da seguinte forma: todo sistema termodinâmico pode ser representado em termos de fluxos e de forças termodinâmicas generalizadas. Essas forças generalizadas freqüentemente são acompanhadas por fluxos. Assim, um gradiente espacial de temperatura é acompanhado por um fluxo concomitante de energia térmica (caracterizando uma difusão térmica). Em um sistema químico, um exemplo de força generalizada é um gradiente de potencial químico, o qual pode causar um fluxo conjugado, no caso a difusão de substâncias químicas presentes no meio. Em todo caso, conforme enfatizado, um *gradiente* em uma variável de estado (e.g., temperatura ou pressão) é percebido como uma “força” que induz um “fluxo” correspondente. Nas proximidades do equilíbrio termodinâmico, os fluxos são relacionados linearmente com suas “forças” correspondentes. Se J_i é um fluxo arbitrário, e X_i sua “força” correspondente, tem-se que (Kondepudi e Prigogine, 1998):

$$J_i = j_{ij} X_j \quad (1)$$

onde L_{ij} é uma “constante fenomenológica”. A taxa de produção de entropia associada é dada por:

$$(2)$$

para um sistema com dois fluxos. No caso genérico, tem-se que

$$\sigma = \sum_{j=1}^n J_j X_j \quad (3)$$

assim, a produção de entropia pode ser descrita de forma relativamente simples, como a soma dos produtos das forças generalizadas por seus fluxos conjugados. Dito de outra forma, é possível uma descrição adequada do estado estacionário macroscópico nesse caso, e de fato a descrição requer a consideração de fluxos e de forças generalizadas. Mas o fato é que processos naturais raramente ocorrem em isolamento, sendo a interferência entre dois processos conhecida como “acoplamento”. Assim, quando a condução térmica e a difusão de massa ocorrem em proximidade, cada força generalizada pode afetar outros fluxos, além de seu fluxo conjugado. Por exemplo, submetendo-se uma mistura fluida a um gradiente térmico, além do fluxo de calor haverá a migração de espécies químicas presentes na mistura – até que o fluxo de massa seja balanceado por um gradiente oposto no potencial químico. Para levar em conta este acoplamento, as relações acima devem ser modificadas através de uma expansão linear dos fluxos em termos das forças generalizadas, que resulta em

$$J_i = \sum_{j=1}^n L_{ij} X_j \quad (4)$$

para um sistema com dois processos, e

$$(5)$$

para um sistema com processos múltiplos. Onsager (1931) mostrou que, próximo do equilíbrio, os coeficientes de acoplamento são simétricos com respeito às forças generalizadas e fluxos. Já segundo o princípio de LeChâtelier-Braun, qualquer perturbação em um fator contribuindo para o equilíbrio induz uma mudança compensatória em um fator oposto – e.g., uma perturbação na distribuição de temperaturas não causa somente um fluxo de calor, mas também induz um fluxo de massa. Mas a simetria de acoplamento acima mencionada garante que o gradiente induzido no potencial químico compensará o gradiente alterado de temperatura. Foi

precisamente a confluência dessas idéias que levou Prigogine (1945, *apud* Kondepudi e Prigogine, 1998) à seguinte afirmação: *para um conjunto de processos suficientemente próximo dos estados de equilíbrio, a produção de entropia adquire seu valor mínimo no estado estável compatível com as condições prescritas*. O formalismo subjacente a esta idéia pode ser obtido substituindo-se (4) em (2) e lembrando-se que, em decorrência do trabalho de Onsager, ficou estabelecido que $L_{12} = L_{21}$. Assim, tem-se:

$$\sigma = \sum_{j=1}^n L_{11} j_1^2 - 2 \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n L_{12} j_1 j_2 + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n L_{22} j_2^2 \quad (6)$$

que é uma expressão para a taxa de produção de entropia em um sistema com dois processos. Generalizando, tem-se:

$$\sigma = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n L_{jkl} j_j j_k j_l \quad (7)$$

Uma vez feitas as breves considerações acima, alguns aspectos interessantes do posicionamento de Ulanowicz podem ser destacados. De fato, Ulanowicz visualiza uma série de problemas decorrentes da abordagem de Prigogine, tais como a relativa “obscuridade” das *forças* generalizadas que devem ser associadas a um grande número de fluxos observados. Um distanciamento entre as duas posições pode ser depreendido da seguinte afirmação de Ulanowicz:

Quando se observa que os fluxos macroscópicos não eram importantes na descrição de situações termodinâmicas [no equilíbrio], e ganharam relevância logo que [o sistema] se moveu um pouco para longe do equilíbrio, se é tentado a extrapolar o papel descritivo dos fluxos, no domínio altamente irreversível, como passando a ser inteiramente suficiente para descrever a natureza de estados estacionários distantes do equilíbrio. (Ulanowicz, 1980, p. 225)

Ulanowicz vai mais além, pois sugere que uma nova abordagem, na qual a suficiência descritiva dos fluxos irreversíveis é enfatizada, “oferece um novo ponto de vista a partir do qual se construir uma teoria de estruturas dissipativas” (Ulanowicz, 1980, p. 225). A interpretação mais coerente, nesse caso, seria a de que Ulanowicz optou por uma descrição *puramente fenomenológica*, ao focar estruturas dissipativas extremamente complexas como os ecossistemas. A negação das forças como sendo descritores adequados, portanto, é uma característica marcante da formulação original de sua teoria. De fato, o autor com toda certeza está consciente das implicações, ao afirmar subseqüentemente:

Esta suposição pode ser excessivamente radical para alguns, especialmente biólogos envolvidos com fenômenos microscópicos e mesoscópicos. Mas muitas objeções podem ser moderadas notando-se que uma descrição macroscópica (...) dominada

por relações de fluxo *não implica em que as forças não existam ou que não sejam importantes* ao nível do subsistema. Também não há qualquer pretensão de fornecer *explicações para os fenômenos*. (Ulanowicz, 1980, p. 225; grifos adicionados)

Claramente Ulanowicz aceita, em sua formulação original, a existência de forças subjacentes aos fenômenos observados, porém enfatiza – o que seria coerente com sua abordagem em princípio puramente fenomenológica – que não pretende explicar *as forças subjacentes aos fenômenos* em si, mas apenas *descrever* os padrões observados.³ Como decorrência do acima exposto, poderia parecer que Ulanowicz se satisfizesse com uma interpretação puramente descritiva dos fenômenos ecológicos. Porém, isso não se verifica, e de fato o autor parece – à primeira vista – incorrer em profunda contradição ao enfatizar, mais adiante, um *processo* importante para a sucessão ecológica. Isto é evidente no que segue:

Se vários compartimentos se sustentam mutuamente, o crescimento será acelerado pelo efeito de *feedback positivo* da sustentação mútua. Em qualquer expansão do tamanho do sistema, dominará aquele padrão que é caracterizado pela maior sustentação mútua. (Ulanowicz, 1980, p. 226)

Ulanowicz corretamente identifica o conceito de *feedback* positivo como sendo central à ciência da cibernética, e menciona a ênfase dada a este processo por Ramón Margalef, em seu livro *Perspectives in Ecological Theory* (Margalef, 1968), e por Howard T. Odum, no clássico *Environment, Power and Society* (Odum, 1971). O fato de que *feedbacks* atuam como *mecanismos* é expresso, e.g., por Patten e Odum (1981, p. 889; grifo adicionado), quando afirmam que um modelo básico de *feedback* é perfeitamente “consistente com uma visão estritamente *mecanicista* da natureza”. Odum (1969, p. 266; grifo adicionado) expressa isto de forma ainda mais direta: “Em muitos casos (...) o controle biótico do pastejo, a densidade populacional e a ciclagem de nutrientes fornecem os principais *mecanismos* de *feedback* que contribuem para a estabilidade nos sistemas maduros (...)”. Em suma, o que *não é evidente* a partir das afirmações de Ulanowicz, é o fato de que sua abordagem *não é* puramente fenomenológica. Ao incorporar a questão dos *feedback* – e embora não mencionando explicitamente *as forças* em princípio envolvidas – o autor incorpora necessariamente já nesse estágio (e de maneira sutil) a noção de *causalidade*. Como será visto abaixo, existem implicações mais profundas deste fato do que pode ser discernido por uma análise superficial de seus textos.

³Em verdade, o autor reforça esse aspecto imediatamente após o trecho acima destacado, ao dizer que a hipótese de fluxos, sem descrição de forças, pode ser vista até mesmo como um retorno a uma perspectiva mais antiga, e que esta é utilizada há tempo nas ciências econômicas.

A influência aristotélica: novas causalidades para a ciência ecológica

Com a publicação de seu primeiro livro, “Growth and Development: Ecosystems Phenomenology” (Ulanowicz, 1986), Ulanowicz passou a enfatizar mais abertamente a questão da *causalidade* em ecologia, embora utilizando uma argumentação que talvez soe estranha para alguns:

(...) é somente natural indagar a questão: “que causas existem por trás da descrição?”. [Mais adiante] discutirei como a resposta a essa questão está realmente fora do mundo da ciência fenomenológica (...). No entanto, a não ser que o leitor seja suprido com pelo menos uma classe de *agentes* ou mecanismos, sua inclinação provavelmente será a de acreditar que o autor tem somente constructos sobrenaturais em mente. Assim sendo, para prevenir que essa exposição adquira um sabor excessivamente metafísico, o “feedback” cibernético, tal qual é associado com a ciclagem de materiais e energia, é proposto (...) como um exemplo de agente não-reducionista que pode promover crescimento e desenvolvimento. (Ulanowicz, 1986, p. 6-7)

O que pode ser depreendido dessas linhas? Antes de mais nada, Ulanowicz está plenamente a par dos problemas conceituais com os quais tem de lidar, além do natural ceticismo com o qual os leitores devem receber suas propostas. Dessa forma, busca estabelecer uma clareza de apresentação, chegando a adiantar a disponibilidade de um “paliativo” para o possível excesso de metafísica que aflora da apresentação. Mais uma vez – como em seu artigo original – vem à tona a noção de *feedback*, porém agora apresentada como um agente central à teoria, e não mais como uma referência sutil. Dito de outra forma, o autor em nenhum momento (desde o primeiro artigo sobre a teoria) conseguiu apresentar uma concepção *puramente* fenomenológica do desenvolvimento de ecossistemas, embora seguramente desejasse isso. A explicação para isso pode ser obtida pela simples inspeção dos índices informacionais propostos. Suas derivações formais (e.g., a *informação mútua média*) não apresentam *mecanismos* na forma de *vinculação* entre estados distintos ao longo do tempo – ao contrário, e.g., das equações de movimento de Newton ou dos modelos de Lotka-Volterra da dinâmica de populações. Assim, não implicam, por si só, em relações de *causa* e *efeito* entre eventos. Como os índices são descrições estáticas, não existem condições iniciais a serem fornecidas para que o comportamento do sistema seja acompanhado ao longo do tempo. Se faz necessária, como será discutido posteriormente, a construção de uma hipótese auxiliar, a qual deve obrigatoriamente ser considerada quando da *descrição* do desenvolvimento de sistemas vivos e sistemas ecológicos – caso contrário existe o risco de uma representação incompleta. É precisamente essa hipótese auxiliar que fornece a *dimensão temporal* aos processos.

Neste ponto é importante uma ênfase no aspecto hierárquico dos ecossistemas, pois a teoria hierárquica analisa o processo de *observação*, e é central à ecologia.⁴ Salthe (1985) desenvolveu uma abordagem triádica, na qual atenção é dada a eventos ocorrendo em três níveis diferentes. O sistema é definido ao nível intermediário ou focal. Efeitos ocorrendo a esse nível são explicados por referência a causas provenientes do nível inferior adjacente e restrições exercidas pelo nível superior adjacente, de forma que as causas nunca se originam ao nível focal. Ulanowicz, no entanto, afirma que a atividade pode efetivamente surgir no próprio nível de observação. Evidência para isso é fornecida pelo *feedback* positivo (ou autocatálise), que tem sido revelado em diversos estudos ecossistêmicos. O trabalho de Ulanowicz, portanto, apresenta uma importante divergência com o de Salthe. No processo de *feedback* positivo, um aumento na atividade de qualquer componente do sistema tenderá a aumentar as atividades de todos os demais. Justamente para obter um apoio a suas argumentações, Ulanowicz optou por reavaliar a possibilidade de utilização das causas aristotélicas em sua totalidade. Os motivos para isso podem ser melhor compreendidos através de uma breve interpretação histórica de alguns aspectos que incidem diretamente sobre a concepção de Ulanowicz.

A física clássica é largamente baseada na teoria matemática de Newton, na filosofia de Descartes e na metodologia científica de Bacon, o que implica em que os fenômenos complexos podem ser melhor estudados se reduzidos a seus componentes básicos. Essa aproximação tem sido associada com a própria metodologia científica, e como resultado tem permeado as mais diversas ciências (Capra, 1982), incluindo a ecologia. Abram (1996) analisou algumas implicações das noções Cartesianas, que devem ser reproduzidas neste ponto. Todo o processo da ciência moderna parece seguir de perto a “metáfora da máquina”, noção esta desenvolvida pelo filósofo René Descartes (1596-1650). Esta metáfora implica em que o mundo real é melhor compreendido como uma *máquina* muito complicada. A “filosofia mecânica”, como era originalmente conhecida, sugere que a matéria é ultimamente *inerte* (e por extensão sem vida ou criatividade por si só), e assim em princípio totalmente previsível. Como qualquer máquina (e.g., um relógio mecânico), o mundo material opera sob regras invariantes, e em descobrindo suas leis básicas se está em posição de fazer previsões precisas sobre seus estados futuros. É importante reconhecer aqui o fato inevitável de que uma máquina sempre implica em um *construtor*, dado que – na visão mecanicista – as máquinas não podem em princípio se autocriarem.⁵ A partir de suas próprias experiências com a construção de edifícios e motores, as pessoas inconscientemente parecem estender as metáforas de construção para a ciência, pretendendo

⁴Essa teoria também foca os níveis de análise, na medida em que esses se relacionam com a compreensão (Ahl e Allen, 1996).

⁵Ulanowicz e muitos outros pesquisadores, no entanto, defendem uma posição favorável à auto-organização.

do que essa extensão seja a única alternativa lógica possível. Adicionalmente, se busca “esquecer” a necessária presença do *construtor*, pretendendo – muitas vezes ingenuamente, talvez – que este não venha junto com a metáfora (Abram, 1996). Mas isso é logicamente impossível, porque agindo-se assim toda a metáfora se “quebraria”. Em resumo: ou se aceita a metáfora em sua forma integral – o que implica em um *construtor* externo⁶ – ou se busca *alterar* a metáfora. É precisamente nesse ponto que o trabalho de Ulanowicz revelará sua importância, particularmente para a ciência ecológica, como será salientado após mais algumas considerações fundamentais. Considerando o mundo como uma máquina, a “filosofia mecânica” providenciou uma importantíssima aliança entre a ciência da época e a Igreja. Conforme evidenciado por Abram (1996), o “mecanicismo” ascendeu não porque era necessário à prática científica, mas porque as objeções da Igreja (a instituição dominante na época) foram por ele desarmadas. O autor reforça ainda mais esse fato, indicando um aspecto importantíssimo mas largamente desconsiderado: a “filosofia mecânica” e a tradição da experimentação não estavam intimamente associadas até a segunda metade do século XVII.

Todos concordam que os objetos materiais podem sofrer alterações, e que existem sempre causas por trás dessas mudanças. A ciência requer a capacidade para explicar essas causas, uma vez postuladas. Mas o conceito de causalidade é complicado, e tem de fato sido malconsiderado na ciência. Retornando mais de dois milênios para Aristóteles, percebe-se que este introduziu *quatro categorias causais distintas e não intercambiáveis* (Rosen, 1985). Ao se considerar, e.g., as causas para a existência de uma casa, tem-se: (1) *causa material*, os próprios “materiais” que compõem a casa, e.g. tijolos e madeira; (2) *causa eficiente* ou *mecânica*, os construtores, que montam a casa; (3) *causa formal*, a planta de construção da casa e (4) *causa final*, a justificativa para a construção da casa (e.g., para alguém habitá-la). Na visão de Aristóteles, indagar sobre uma causa era procurar saber “o por quê das coisas” (Barnes, 1982). Portanto, cada uma das categorias da “doutrina das quatro causas” de Aristóteles fornece uma ferramenta para responder a questão “Por quê?”. Tal questão requer uma resposta “Porquê ...”, e em consequência uma sentença explicativa da forma “X porque Y”.

Em meio às idéias acima enfatizadas, centrais ao debate sobre as “causas”, pode-se encontrar a presença de Ulanowicz no discurso moderno. É assim que esse autor passa a argumentar que, com o advento de Newton, somente os dois primeiros aspectos da doutrina causal de Aristóteles foram enfatizados. As primeiras tentativas de descrever fenômenos vivos independentemente de linhas

⁶A teoria da evolução darwiniana atribui o papel de *construtor*, de uma forma ou de outra, à seleção natural agindo sobre a variabilidade genética. Porém isso parece não explicar nem muitos dos processos macroevolutivos nem a quase totalidade dos processos ecossistêmicos, ao menos sob a ótica de pensadores tais como Ulanowicz.

estritamente mecânicas – e.g., o Vitalismo – não conseguiram impedir o crescimento da idéia de que o discurso científico somente deve incorporar o “material” e o “mecânico” na Natureza (Ulanowicz, 1990).

Outros autores suportam idéias similares. Conforme Mikulecky (1996), a ciência moderna e o positivismo⁷ se restringem a questões de *como* as coisas funcionam (os “mecanismos”), desconsiderando o “por quê das coisas” aristotélico, no sentido mais amplo. Já na opinião de Rosen (1985), não há possibilidade, dentro do paradigma newtoniano, para o envolvimento das *causas finais*, muito embora a propriedade de *antecipação* seja comum em sistemas vivos e outros sistemas complexos. Se a perspectiva desses autores for seguida à risca, então as *causas finais* são importantes e mesmo fundamentais para a biologia e a ecologia teóricas. Cabe aqui explicitar ainda a precisa vinculação entre a teoria de Ulanowicz e as causas aristotélicas, antes de se passar para a mudança mais profunda enfrentada por sua teoria (à luz das idéias de Popper).

No livro “Growth and Development: Ecosystems Phenomenology” (Ulanowicz, 1986), Ulanowicz não se refere explicitamente a Aristóteles, e conseqüentemente não apresenta uma discussão sobre as quatro causas. Porém, faz menção repetidamente à *causalidade circular*, que identifica com o “feedback” positivo evidenciado em ciclos de energia ou de nutrientes em ecossistemas. Em suas palavras, os ciclos “merecem consideração especial como agentes capazes de influenciar fortemente a estrutura geral da rede” (p. 54). A palavra *agentes* possui aqui uma importância fundamental, em termos causais. De fato, faz-se mister notar que com ela Ulanowicz não busca implicitamente associar nem causas materiais nem causas eficientes, pois essas estariam relacionadas com outro tipo de *agentes*, os *componentes* de uma rede. Aqui, deve ser salientado, Ulanowicz fala de “formas” circulares que se manifestam em níveis hierárquicos bem superiores ao do indivíduo, e de algum modo relativamente insensíveis aos detalhes do sistema: “(...) para apreciar [o potencial dos ciclos] se torna necessário considerar um ciclo de fluxos como uma estrutura com uma existência que é em certo grau independente de seus constituintes”. (p. 54)

Um exemplo pode ilustrar o que Ulanowicz entende por “causalidade circular” e por “independência”: um pequeno ciclo tem os componentes A, B e C, os quais podem ser imaginados como ocupando os vértices de um triângulo. As arestas do triângulo representam *vinculações causais* entre os componentes. Neste ciclo, A influencia *causalmente* B, que por sua vez induz C de forma igualmente *causal*. O ciclo é completo quando A é afetado por C. Se um novo componente D surge entre A e C (e portanto em paralelo com B), mostrando uma maior sensibilidade à catálise por A e incrementando a atividade de C de uma forma mais eficiente que B, então D pode “abafar” ou mesmo deslocar B. Se o mesmo processo for repetido com os outros componentes ao longo de um amplo período de tempo, o sistema resultante

⁷Embora não seja claro a qual “positivismo” o autor se refere.

não conterá nenhum dos elementos originais (cf. Ulanowicz, 1986). Embora configurações autocatalíticas sejam obviamente contingentes sobre seus constituintes materiais, a persistência da forma cinética é evidência de que o comportamento global é, em certo grau, autônomo dos eventos ocorrendo em níveis inferiores.

Em função do processo acima descrito, pode-se afirmar que Ulanowicz possui um posicionamento extremamente interessante com respeito à evolução orgânica, o qual por sua vez contrasta com a posição neo-darwinista. Conforme visto, uma configuração autocatalítica pode induzir a *competição*, quando dois elementos estão em paralelo. Porém, outros aspectos das configurações autocatalíticas devem ser destacados. Ainda de acordo com Ulanowicz, uma configuração autocatalítica impõe uma *pressão de seleção* sobre seus componentes. Se uma mudança aleatória ocorre em um componente, que aumenta sua sensibilidade à influência do componente precedente, ou acelera sua influência sobre o próximo, então os efeitos da mudança primária retornarão ao componente original como um reforço do novo comportamento (o oposto é igualmente verdadeiro). Outro atributo importante das configurações autocatalíticas é a *centripetalidade*, quando o sistema se comporta como um foco de convergência de quantidades crescentes de exergia (energia disponível) e matéria. Em consequência, este tipo de estrutura cria ativamente seu próprio domínio de influência. (Ulanowicz, 1997)

É somente em seu artigo “Aristotelean causalities in ecosystem development” (Ulanowicz, 1990) que Ulanowicz aborda diretamente a relação entre as configurações autocatalíticas e as quatro causas aristotélicas. Após realizar uma série de considerações de cunho genérico, nas quais clama por uma posição de destaque para a ciência da ecologia, Ulanowicz justifica:

Na visão moderna da realidade, causas mecânicas são consideradas eficientes em natureza, e as noções de causalidades formais e finais têm sido deixadas atroficas. Poderiam desaparecer, não fosse pela possibilidade de que elas podem conduzir melhor aqueles elementos do pensamento ecossistêmico que situam o ponto de vista ecológico à parte do restante da ciência. (Ulanowicz, 1990, p. 43)

Por “aqueles elementos do pensamento ecossistêmico” deve-se aqui supostamente entender toda demanda por uma explicação não-mecanicista ou não-reducionista. O posicionamento de Ulanowicz torna-se explícito, de forma contundente, na afirmação que segue:

(...) desejo argumentar que *causas formais e finais* estão atuando durante o curso do desenvolvimento ecossistêmico, que elas aparecem completamente de forma natural, que elas podem ser *quantitativamente descritas* com o auxílio da *cibernética* e da *teoria hierárquica*, e que pode-se verdadeiramente *medir seus efeitos* invocando-se resultados selecionados das *teorias de rede* e da *informação*. (Ulanowicz, 1990, p. 43; grifos adicionados)

Embora a natureza precisa das causas formais e finais ainda não tenha sido elucidada nesse ponto, diversos elementos interessantes se manifestam, exigindo atenção. De especial destaque é o posicionamento favorável à teoria hierárquica (ver Hoffmann, 1998). Quanto a esse ponto, Ulanowicz afirma em outro momento: “(...) tendo a concordar com Salthe (1985) que a causalidade em sistemas vivos é mais complicada do que desejaríamos admitir” (Ulanowicz, 1990, p.43). Esta afirmação é extremamente elucidativa, pois deve ser lembrado novamente que Salthe enfatiza a relação entre a causalidade e a estrutura hierárquica em seu “sistema triádico”. Assim, pode-se sugerir que, embora ambos discordem quanto à forma pela qual a causalidade surge, bem como quanto ao tipo de causalidade envolvida, ambos vêm na organização em hierarquias dos sistemas biológicos e ecológicos a “chave” para a elucidação de muitos problemas científicos da ecologia. A afirmação de que as causas em questão podem ser descritas em termos de quantidades numéricas é outro ponto importante do trabalho de Ulanowicz. De fato, foi em torno do enfoque quantitativo que houve a proposição original de seus índices informacionais.

Apesar das considerações acima apresentadas, um problema ainda persiste sem solução: onde, exatamente, podem ser encontradas as causas formais e finais? Serão estas causas puramente físicas, ou necessitam de um “meio” imaterial especial, a exemplo das reivindicações vitalistas do passado? A resposta pode ser obtida por intermédio do exemplo do loop, anteriormente introduzido. Seguindo-se o “loop” causal material e eficiente (mecânico) no sentido horário, de A até C, percebe-se que o componente A afeta a si mesmo de forma indireta. Conforme Ulanowicz,

o que pode ter se iniciado como uma configuração ao acaso de mecanismos compostos, agora possui atributos próprios somente à estrutura como um todo. Entre eles incluo: (1) autonomia, (2) emergência, (3) acentuação do crescimento, (4) seleção, (5) indução de competição e (6) formalidade. (Ulanowicz, 1990, p. 43-44)

A transição para a definição de uma *causa formal* em ecossistemas, a partir de alguns desses atributos, ocorre da seguinte forma:

Autonomia, acentuação do crescimento e capacidade para exercer pressões de seleção são todos aspectos essenciais de um agente. Na medida em que este agente é relacional,⁸ i.e., na extensão em que ele deriva da *estrutura* dinâmica de seus constituintes, ele pode corretamente ser chamado *formal* em natureza. Eu sugiro que o “feedback” positivo é um exemplo mais satisfatório de causa formal do que um conjunto de plantas [de construção], porque o agente inerente às plantas

⁸Embora esteja além das pretensões do presente trabalho, deve ser registrado que o termo *relacional* implica em toda uma discussão sobre a assim chamada “biologia relacional”, inaugurada por Rashewsky (1954) e continuada por seu então aluno Rosen (1991), pelo próprio Ulanowicz (embora não de forma tão explícita) e outros.

é, na melhor das hipóteses, obscuro. O agente na autocatálise é de longe mais imediato. (Ulanowicz, 1990, p. 45)

Em consequência do acima exposto, fica claro que uma *causa formal* decorre espontaneamente de uma *configuração autocatalítica*, que passa a atuar como um *agente* de forma relativamente independente. No que se refere à outra causa, Ulanowicz coloca:

Mas quanto à causa final? Isto requer uma breve referência à epistemologia propiciada pela teoria hierárquica. (...) quando um “loop” de “feedback” é aparente ao nível focal da hierarquia, é percebido como uma causa formal. Quando um “loop” auto-catalítico está agindo em uma escala mais fina, aparecerá ao observador (...) à guisa de uma causa eficiente. Conversamente, quando o sistema focal é uma parte de pelo menos um “loop” cibernético maior, aquele comportamento auto-catalítico não percebido se estampará no sistema objeto via condições de contorno. Quer dizer, sua influência será percebida ao nível focal como *final* em natureza. (Ulanowicz, 1990, p. 45)

Em outras palavras, se a atenção do observador se voltar para o sistema como um todo, ou seja, quando o “loop” *completo* é aparente ao nível focal da hierarquia, se evidencia uma *causa formal* conforme percebida por Ulanowicz. Se o “loop” como um todo fosse reduzido a ponto de não mais ser percebido como tal, ou seja, se fosse apenas um componente de um sistema maior, apareceria a um observador como uma *causa eficiente* (mecânica), junto com outros agentes. Porém, se a atenção do observador se voltasse apenas para uma *parte* do “loop”, a *influência do “loop”* seria percebida, ao nível focal, como uma *causa final*.

É importante ainda uma breve digressão sobre um tema central, a *hipótese auxiliar* anteriormente referida. Conforme esclarecido, as expressões matemáticas dos índices informacionais não contêm elementos de direcionalidade temporal, e portanto, não incorporam *causas* subjacentes. São, como Ulanowicz bem alertou, descrições puramente *fenomenológicas*. Porém foi igualmente enfatizado que o autor buscou sempre incorporar a noção de loops de “feedback” em suas apresentações, de forma a propiciar ao menos alguma *conexão causal* entre os sistemas naturais e os índices informacionais. Esta *conexão*, sugere-se, é propiciada apenas pelo estabelecimento de uma hipótese, a qual busca associar padrões fenomenologicamente observados a *causas* subjacentes, porém nem sempre explicitadas.

Cabe aqui uma comparação direta entre as diferentes definições da hipótese, conforme apresentadas nas três fases de desenvolvimento da teoria. Como será sugerido mais adiante, as diferenças entre as definições estão longe de serem superficiais. De fato, representam posições epistemológicas extremamente diferenciadas e profundas. No seu primeiro artigo sobre a temática, Ulanowicz formula a hipótese da seguinte forma:

Uma *rede de fluxos* de uma comunidade *auto-organizadora* se comporta, ao longo de um intervalo adequado de tempo, de forma a *otimizar* sua ascendência, sujeita a restrições hierárquicas, termodinâmicas e ambientais. (Ulanowicz, 1980, p. 230; grifos adicionados)

Esta hipótese (nessa forma ou em suas variantes, abaixo destacadas) ficou conhecida como o “princípio da ascendência”,⁹ pois faz referência explícita ao índice principal de um grupo de índices informacionais descritivos. No seu livro “Growth and Development: Ecosystems Phenomenology”, a hipótese adquire a seguinte forma de apresentação:

Um *sistema autônomo* se comporta, ao longo de um intervalo adequado de tempo, para *otimizar* a ascendência de redes interna, sujeita a restrições termodinâmicas, hierárquicas e ambientais. (Ulanowicz, 1986, p. 119; grifos adicionados)

Finalmente, em seu recente livro “Ecology, the Ascendent Perspective”, esta hipótese adquire outra forma, aparentemente bastante diferenciada:

Na ausência de perturbações externas esmagadoras, *sistemas vivos* exibem uma *propensão* natural *para aumentar* em ascendência. (Ulanowicz, 1997, p. 75, grifos adicionados)

Algumas considerações devem ser aqui realizadas. Antes de mais nada, as duas primeiras definições são aparentemente mais similares entre si do que com relação à última. Porém, enquanto na primeira há uma ênfase focal em uma rede de fluxos de uma *comunidade auto-organizadora*, esta é ampliada para considerar qualquer *sistema autônomo*. Por outro lado, ambas enfatizam a *otimização* da ascendência. Já na terceira definição, o foco recai sobre *sistemas vivos* em geral, e nesse sentido a segunda e a terceira definições são mais semelhantes, por serem mais genéricas (a primeira considera apenas comunidades biológicas). A novidade, na terceira versão, está na ênfase em uma *propensão* natural a ser apresentada por sistemas biológicos. Como será discutido, este termo não pode ser interpretado literalmente, sob risco de se perder o real significado da reformulação da teoria. Cabe ainda salientar que há uma diferença marcante entre “otimizar” a ascendência ou simplesmente ter uma propensão para “aumentá-la”.

Uma questão pertinente deve ser apresentada neste ponto: conforme descritas até o momento, as causas formais e finais não deixam de estar, de uma forma ou de outra, ligadas a uma concepção “mecanicista”? Afinal de contas, deve ser enfatizado que as *relações* de *causa-e-efeito* são perfeitamente determinadas e lineares, como

⁹Por “*princípio* da ascendência” deve-se entender esta hipótese em particular. Já por “*teoria* da ascendência” deve ser compreendido o conjunto das idéias de Ulanowicz.

em uma máquina – apesar dos efeitos de perturbações aleatórias externas possivelmente agindo em todo sistema ecológico. É precisamente neste momento que se revela a necessidade de uma reformulação mais profunda de toda a teoria, o que Ulanowicz efetivamente realizou em função da leitura e interpretação do filósofo da ciência Karl R. Popper. A próxima seção busca lidar com a problemática da reinterpretação de grande parte das noções acima estabelecidas, à luz da influência popperiana.

A influência popperiana: um mundo de indeterminações

No prefácio a “Ecology, the Ascendent Perspective” Ulanowicz comenta, incorporando uma dimensão histórica a seu trabalho:

Através da história da ecologia, três metáforas dominaram as discussões sobre o comportamento de comunidades: o ecossistema como (1) máquina, (2) organismo ou (3) processo estocástico. A palavra-chave aqui é *ou*, porque é comumente aceito que os três modelos são separados e não-comparáveis. Deve ser fácil, então, imaginar minha excitação quando, quase vinte anos atrás, encontrei por acaso uma expressão matemática singular que parecia pertencer às três imagens. (Ulanowicz, 1997, p. xv)

Em função do exposto, Ulanowicz passa a expor os motivos segundo os quais, em sua interpretação, a teoria da ascendência não foi amplamente reconhecida, no decorrer de duas décadas. O principal motivo, em seu entender, é a noção generalizada de que a “analogia mecânica” é o único meio de se endereçar noções de causa e efeito em termos “científicos”. De fato, noções declaradamente “não-mecanicistas” freqüentemente adquirem uma conotação teleológica. Outro motivo importante, no entanto, é evidenciado:

Ao longo da década subsequente [à publicação] se tornou óbvio [que ‘Growth and Development’] havia tido um impacto mínimo no diálogo entre ecólogos sobre a natureza dos ecossistemas. A falta relativa de resposta aos índices que defini e elaborei em meu primeiro livro deve muito à forma matemática na qual eles foram apresentados. Fui treinado, como engenheiro, para considerar as equações como fundamentais e a prosa como subsidiária. Esta foi uma atitude que serviu mal a meus esforços de comunicação com colegas ecólogos. (Ulanowicz, 1997, p. xvi)

Um outro motivo para a pouca receptividade dada às expressões é enfatizado pelo autor:

Em adição descobri, para meu desgosto, que a fenomenologia é mantida em distinta baixa estima por biólogos – diferentemente de seu *status* nas ciências físicas, onde a termodinâmica reina suprema. (Ulanowicz, 1997, p. xvi)

Apesar dos obstáculos enfrentados, Ulanowicz prosseguiu em suas pesquisas, vindo a entrar em contato com o trabalho de Aristóteles,¹⁰ conforme já discutido, e posteriormente com a obra de Popper, o que fica claro no que segue:

Em breve comecei a escrever sobre o desenvolvimento de ecossistemas em termos aristotélicos. Uns poucos anos mais tarde recebi de Copenhagen um pequeno presente de Arne Feimuth Petersen, um cavalheiro que nunca encontrei. Era uma breve monografia intitulada ‘A World of Propensities’, escrita por Karl Popper. Arne cumprimentou-me por minhas narrativas aristotélicas, mas deixou-me saber que ele pensava que Popper havia dito tudo isso de modo melhor. (Ulanowicz, 1997, p. xvi)

Ulanowicz não se interessou de imediato pelo livro, vindo a lê-lo apenas muitos meses depois, principalmente por considerar Popper um “positivista lógico” e “reducionista”.¹¹ Após ler Popper, no entanto, sua posição mudou completamente: “Popper de fato fornece o elo perdido capaz de conduzir o mecânico, o organísmico e o estocástico para uma visão unificada dos fenômenos naturais” (Ulanowicz, 1997, p. xvi). Como resultado, Ulanowicz sentiu-se motivado para abordar mais diretamente os problemas conceituais com os quais vinha se debatendo há muitos anos.

Que concepções, existentes no trabalho de Popper, de fato recuperam o “elo perdido” para a conexão entre visões de mundo tão díspares? A resposta está nas “propensões” popperianas que, ao contrário do que Ulanowicz sugere, acompanham a filosofia de Popper desde o início.¹² É a essa temática que a presente análise se dirigirá, a fim de elucidar diversos aspectos fundamentais. Em um trabalho imediatamente anterior a seu último livro, Ulanowicz coloca:

Para Popper, o mundo não é fechado. Mais precisamente, ele não é um relógio determinístico, como Descartes nos teria levado a acreditar. Antes, ele é composto de “propensões” – as tendências de que certos processos ou eventos podem ocorrer. (Ulanowicz, 1996, p. 218)

¹⁰Por intermédio de Rosen (1985).

¹¹Na verdade Popper inaugurou a escola do “racionalismo crítico”, ao entrar em conflito com os membros do Círculo de Viena. Suas idéias se afastam daquelas do positivismo lógico em vários aspectos. Trabalhos importantes para consulta são: Popper (1975, 1980, 1982, 1985) e Baum e González (1994).

¹²Ulanowicz (1997, p. 37) enfatiza que “os últimos escritos de Popper” revelam atitudes pouco conservadoras. Em um trabalho anterior (1996, p. 217), se refere à importância do “pensamento mais recente de Popper”. Na verdade, indícios da interpretação objetiva das probabilidades são encontrados já na obra inicial de Popper, “Logik der Forschung” (original publicado em 1937; ver Popper, 1982), bem como nos pós-escritos a essa obra (e.g., Popper, 1985) e em diversos outros trabalhos.

Neste momento talvez seja interessante investigar o que o próprio Popper tem a dizer sobre sua teoria. Em “A World of Propensities” (Popper, 1990), a temática é introduzida de uma forma bastante interessante. Antes de mais nada, Popper apresenta um breve relato histórico, afirmando que até o ano de 1927 os físicos, com poucas exceções, acreditavam que o mundo era um “relógio” grande e muito preciso, seguindo a tradição cartesiana. Mas a partir do referido ano, começando com o físico Werner Heisenberg, uma mudança importante ocorreu na física quântica. Tornou-se claro, nesse momento, que processos ocorrendo em escalas muito pequenas tornavam o grande “relógio” na realidade impreciso. De fato, se revelou a existência de *indeterminações objetivas*. A partir desse momento, a física teórica se viu obrigada a lidar com probabilidades no que tange a essas questões. O próprio Popper entrou declaradamente em “severa contenda” com Heisenberg, Einstein e outros cientistas importantes. O motivo era claro:

(...) a maior parte deles adotou a visão de que as probabilidades tinham a ver com nossa *falta de conhecimento* e, portanto, com nosso estado de mente: eles adotaram uma teoria *subjetivista* da probabilidade. Em oposição a isso, eu desejei adotar uma teoria *objetivista*. (Popper, 1990, p. 8)

Como resultado dessa divergência, e em função de vários anos de pesquisa sobre a filosofia da probabilidade, o trabalho de Popper culminou na assim chamada “interpretação propensional da probabilidade”, publicada originalmente já na década de 50. No entanto, Popper afirma:

Essa teoria cresceu muito, de forma que foi somente no último ano que percebi sua significância cosmológica. Eu me refiro ao fato de que vivemos em um *mundo de propensões*, e que esse fato torna nosso mundo mais interessante e mais acolhedor do que o mundo como visto por estados anteriores das ciências. (Popper, 1990, p. 9)¹³

Dito isto, Popper passa a explicar sua *interpretação propensional da probabilidade*, exemplificando-a com referência ao lançamento de moedas:

A teoria clássica da probabilidade erigiu um sistema poderoso sobre a seguinte definição: “A probabilidade de um evento é o número de *possibilidades* favoráveis dividido pelo número de todas as *possibilidades* iguais”. Assim, a teoria clássica era sobre meras *possibilidades*; e a probabilidade do evento “coroa” seria 1 dividido

¹³Quando Popper menciona o “último ano”, se refere ao ano de 1987, pois o texto é resultado de uma palestra realizada em 1988 na London School of Economics. É nesse, e somente nesse sentido, que a referência de Ulanowicz com respeito à originalidade das últimas idéias de Popper se justifica. De outro modo, a interpretação *objetiva* das probabilidades é uma idéia antiga.

por 2, porque existem duas possibilidades iguais, e somente uma “favorável” ao evento “coroa”. A outra possibilidade *não* é favorável a “coroa”. Similarmente, a possibilidade de se obter um número par menor do que 6, com um dado perfeito, é 2 dividido por 6 o que, é claro, é o mesmo que 1/3. Pois existem 6 lados e portanto seis possibilidades iguais e somente duas dessas possibilidades, que são os lados marcados 2 e 4, são favoráveis ao evento “um número par menor do que 6 [voltado] para cima”. (Popper, 1990, p. 9)

Até aqui, nenhum problema maior parece se evidenciar. O que, afinal, preocupa Popper? Alguns indícios são fornecidos no seguinte extrato:¹⁴

Mas o que acontece se o dado está viciado ou se o penny está tendencioso? Então, de acordo com a teoria clássica – digamos, ao tempo de Pascal ou ao tempo de Laplace – nós não podemos mais dizer que as seis possibilidades do dado, ou as duas possibilidades da moeda, são *possibilidades iguais*. Em conformidade, já que *não existem* possibilidades iguais em tal caso, nós simplesmente não podemos falar aqui de probabilidades no sentido numérico clássico. (Popper, 1990, p. 9)

Este é de fato um argumento bastante plausível, e forma a base da crítica de Popper à teoria probabilística “clássica”. Para Popper, um dado “viciado”¹⁵ é um dado “carregado”, o que significa que as possibilidades são igualmente “carregadas”, e portanto distintas. Como resultado, há a necessidade de uma abordagem totalmente inovadora, para se lidar com essa classe de fenômenos:

É claro que uma teoria mais geral da probabilidade deve incluir tais possibilidades *carregadas*. É mesmo claro que casos de possibilidades *iguais* podem e devem ser tratados como casos especiais de possibilidades carregadas: obviamente, possibilidades iguais podem ser consideradas como possibilidades carregadas cujos pesos são iguais. (Popper, 1990, p. 10)

Dessa forma, pode-se afirmar que a consideração de possibilidades “carregadas” é efetivamente central às idéias de Popper. Além disso, para ele a nova abordagem em pauta é necessária para ciências tais como a física e a biologia. Algumas considerações adicionais devem ser apresentadas, antes de a conexão com a última área de conhecimento (e com a ecologia, particularmente) ser realizada. Popper se pergunta sobre a existência de um método que possa ajudar na obtenção dos *pesos reais* a

¹⁴Popper utiliza os termos “*loaded*” e “*weighted*”, que são aqui traduzidos respectivamente como “viciado” e “carregado”, na ausência de termos mais apropriados. Uma alternativa para “carregado” seria o termo “ponderado”, porém este termo se relaciona mais intimamente com uma *ação humana* sobre as probabilidades, e parece não se adequar ao contexto.

¹⁵Um exemplo de dado “viciado” é um dado de madeira no qual foi introduzido dissimuladamente um pedaço de chumbo sob uma de suas faces.

serem descobertos para as distintas possibilidades carregadas. Em outros termos, indaga: “Existe um método que nos permita atribuir valores numéricos a possibilidades desiguais?” (Popper, 1990, p. 10). Após responder à pergunta, passa a tecer uma série de considerações em torno de exemplos:

A resposta óbvia é: *sim*, um método estatístico; *sim*, providenciado que possamos, como no caso do arremesso de dados, repetir a situação que produz os eventos probabilísticos em questão; ou providenciado (como no caso da luz do sol, ou da chuva) que os eventos em questão repitam a si mesmos, sem nossa interferência. Providenciado que o número de tais repetições seja suficientemente grande, podemos usar a estatística como um método de ponderar as possibilidades, e de medir seus pesos. Ou, para ser um pouco mais explícito, a maior ou menor *freqüência de ocorrências* pode ser utilizada para testar se um peso atribuído hipoteticamente é, de fato, uma hipótese adequada. Para colocar mais cruamente, nós tomamos a freqüência de ocorrência como medindo o peso da possibilidade correspondente, de forma que dizemos que a probabilidade de um domingo chuvoso em junho, em Brighton, iguala 1/5 se e somente se foi descoberto, ao longo de muitos anos, que, *em média*, haverá chuva em um de cada cinco domingos em junho. Assim, usamos médias estatísticas de forma a estimar os vários pesos das várias possibilidades. (Popper, 1990, p. 10-11)

Popper passa então a considerar alguns pontos que considera fundamentais à efetivação de sua teoria:

- (1) Se o que eu disse é verdadeiro – se podemos medir o peso da possibilidade de “dois [voltado] para cima” no arremesso de um certo dado viciado, e descobrir que este é somente 0,15 ao invés de $0,1666 = 1/6$ – então precisa haver, inerente na estrutura de arremessos com este dado (ou com um dado suficientemente similar) *uma tendência ou propensão* para realizar o evento “dois [voltado] para cima” que é menor do que a tendência mostrada por um dado normal. Assim, meu primeiro ponto é que uma tendência ou propensão para realizar um evento é, em geral, *inerente a cada possibilidade* e a cada arremesso individual, e que podemos estimar a medida desta tendência ou propensão apelando para a freqüência relativa da realização verdadeira em um grande número de arremessos; em outras palavras, descobrindo quão freqüentemente o evento em questão na realidade ocorre.
- (2) Assim, ao invés de falar sobre a *possibilidade* de um evento ocorrer, podemos falar, mais precisamente, de uma *propensão* inerente em produzir, por repetição, uma certa média estatística.
- (3) Agora isso implica que, via repetição adicional – via repetição das repetições – a estatística, por sua vez, mostra uma tendência rumo à estabilidade, dado que todas as condições relevantes permaneçam estáveis.
- (4) Tal como explicamos a tendência ou propensão de uma agulha magnética se voltar (de qualquer posição inicial que possa ter assumido) para o norte por (a) sua

estrutura interna, (b) o campo de forças invisível carregado consigo pelo nosso planeta, e (c) fricção, etc. – em resumo, pelos aspectos invariantes da *situação* física; assim explicamos a tendência ou propensão de uma seqüência de arremessos com um dado produzir (a partir de qualquer seqüência inicial) frequências estatísticas estáveis por (a) a estrutura interna do dado, (b) o campo de forças invisível carregado consigo pelo nosso planeta, e (c) fricção, etc. – em resumo, pelos aspectos invariantes da *situação* física: o campo de propensões que influencia cada arremesso individual. (Popper, 1990, p. 11-12)

Sobre o acima exposto, Popper afirma, à guisa de síntese, que uma das características mais formidáveis de nosso universo é a *tendência* das médias estatísticas em permanecerem estáveis *se as condições permanecerem estáveis*. Isto parece implicar em um tipo de lógica situacional, semelhante àquela proposta por Popper para classificar a teoria darwinista, em sua autobiografia (Popper, 1977), e somente pode ser explicado, na opinião do filósofo, por sua *teoria das propensões*. Em outras palavras, pela teoria segundo a qual existem “possibilidades carregadas que são *mais do que meras possibilidades*, mas tendências ou propensões para se tornarem reais (...)” (Popper, 1990, p. 12). A teoria de Popper, portanto, é nitidamente, como ele mesmo enfatiza, uma *interpretação objetiva da teoria da probabilidade*.

Uma vez estabelecida uma introdução à noção das *propensões* popperianas, cabe agora vincular explicitamente estas com a noção mais amplamente conhecida de *forças*. Antes de mais nada, deve-se notar que, em função da teoria ser *objetiva*, as *propensões* devem ser efetivamente consideradas como entidades reais, como acima destacado. Isso implica, conforme adiantado por Popper, no que segue:

Propensões (...) não são meras possibilidades, mas realidades físicas. Elas são tão reais quanto forças, ou campos de forças. E vice-versa: forças são propensões. Elas são propensões para colocar corpos em movimento. Forças são propensões para acelerar, e campos de forças são propensões distribuídas ao longo de alguma região do espaço e talvez mudando continuamente ao longo dessa região (...). Campos de forças são campos de propensões. Eles são reais, eles existem. (Popper, 1990, p. 12)

Estas afirmações são, por si, suficientes para aclarar o conceito de propensões e automaticamente levantar a possibilidade de críticas diversas. Antes de mais nada, qual é precisamente a diferença entre a abordagem de Popper e a noção tradicional de forças? A argumentação de Popper poderia parecer, para alguns, como um simples jogo de palavras. Porém isso não se verifica, pois deve-se conceder que Popper se mantém firmemente aderido a seu sistema filosófico, que postula o indeterminismo. Como Popper nega a primazia das probabilidades subjetivas (que perfazem o dia a dia da física tradicional), sua ligação das propensões com as forças deve sugerir um

aspecto mais profundo da realidade. E de fato é precisamente isso que ocorre. O trecho a seguir esclarece de uma vez por todas essa situação:

Probabilidades matemáticas são medidas que se baseiam em valores numéricos de 0 a 1. [O número] 0 é usualmente interpretado como uma impossibilidade [de ocorrência de um evento], 1 como certeza, 1/2 como indeterminação completa, e valores entre 1/2 e 1 – digamos 7/10 – são interpretados como ‘mais prováveis do que não prováveis’.

Propensões físicas podem ser interpretadas de forma um tanto diferente. A propensão 1 é o caso especial de uma força clássica em ação: uma causa quando produz um efeito. Se uma propensão é menor do que 1, então isso pode ser interpretado como a existência de forças competindo, empurrando em várias direções opostas, mas ainda não produzindo ou controlando um processo real. (Popper, 1990, p. 13)

Popper, portanto, vê a introdução das *propensões* como uma generalização da noção de forças (forças são casos particulares de propensões, nunca é demais enfatizar; uma força é simplesmente uma propensão com valor 1). Como consequência, a aceitação de sua teoria deveria conduzir a uma ampliação do quadro introduzido por Isaac Newton na física.¹⁶ Cabe aqui salientar que propensões *não são* propriedades inerentes a um objeto, mas sim *inerentes a uma situação*, na qual o objeto está inserido.

Popper se mostra ciente de que seu trabalho ainda é incompleto, ao afirmar: “(...) precisamos de *um cálculo de probabilidades relativas* ou *condicionais*, em oposição a *um cálculo de probabilidades absolutas*” (Popper, 1990, p. 16).¹⁷ Uma sentença no cálculo absoluto pode ser escrita como $p(a) = r$, o que significa que a probabilidade de ocorrência do evento a iguala r ($0 \leq r \leq 1$). Já uma sentença no cálculo condicional toma a forma $p(a, b) = r$, significando que a probabilidade de ocorrência do evento a dado b – o que equivale a dizer que a probabilidade é inerente a uma determinada *situação* (é uma lógica situacional) – é portanto *relativa*.

A importância do trabalho de Popper como argumento *contra* o determinismo científico¹⁸ é central, e pode ser sintetizada nas seguintes palavras:

(...) com a introdução das propensões, a ideologia do determinismo se evapora. Situações passadas, sejam físicas, psicológicas ou mistas, não determinam a situação futura. Pelo contrário, elas determinam *propensões* em mudança *que influenciam*

¹⁶Embora poucos físicos talvez se sintam dispostos a investigar esta questão mais a fundo, devido à existência de uma estrutura teórica relativamente satisfatória para a pesquisa física (mas não, deve ficar evidente, para a pesquisa biológica ou ecológica).

¹⁷É importante notar que *probabilidades relativas* (ou *condicionais*) são necessárias para uma *interpretação objetiva* da realidade, ao passo que *probabilidades absolutas* são usualmente associadas a uma *interpretação subjetiva*.

¹⁸Para aqueles que se sentem desconfortáveis ou mal atendidos pela concepção determinista.

situações futuras sem determiná-las de uma forma única. (...) Em todos esses casos, a teoria das propensões nos permite trabalhar com uma teoria *objetiva* da probabilidade. Aparte o fato de que não *conhecemos* o futuro, o futuro está *objetivamente não fixo*. O futuro é *aberto: objetivamente aberto*. Somente o passado é fixo. (...) O presente pode ser descrito como o processo contínuo de atualização das propensões; ou, mais metaforicamente, do congelamento ou cristalização de propensões. Enquanto as propensões se atualizam ou *realizam* a si próprias, elas são processos em andamento. Quando elas realizaram a si mesmas, então *elas não são mais processos reais*. Elas se congelam e se tornam passado – e são irreais. Propensões em mudança são processos objetivos, e elas não tem nada a ver com nossa falta de conhecimento; mesmo que nossa falta de conhecimento seja, é claro, muito grande (...). (Popper, 1990, p. 18)

A partir desse ponto, existem condições para a realização de um vínculo *objetivo* entre o trabalho de Popper e o de Ulanowicz, ou seja, para uma breve análise da reinterpretação que Ulanowicz impôs sobre sua própria teoria, devido ao contato com a teoria das propensões. Uma última citação de Popper propiciará precisamente esta transição:

Esta visão das propensões nos permite ver sob uma nova luz os processos que constituem nosso mundo: o processo global. O mundo não é mais uma máquina causal – ele pode agora ser visto como um mundo de propensões, como um processo em desdobramento, de realização de possibilidades, e de novas possibilidades em desdobramento. (Popper, 1990, p. 18-19)

Uma sentença basta para estabelecer o fundamento da transição, conforme vista por Popper: o mundo não é mais uma *máquina causal*.¹⁹ Embora a inclusão das quatro causas aristotélicas tenha propiciado um refinamento da teoria de Ulanowicz – através da inclusão das causas formais e finais – essas continuaram sendo interpretadas por outros, em maior ou menor grau, como sendo uma versão “mecanicista”. Em outras palavras, Ulanowicz não conseguiu, ainda, apresentar de forma convincente uma conciliação das três visões de mundo distintas: máquina, organismo e processo estocástico. Os “mecanismos” ainda exerciam influência marcante sobre suas argumentações. De fato, as verdadeiras quatro causas aristotélicas são *totalmente independentes* entre si (Rosen, 1985), e essa independência absoluta não foi obtida na formulação de Ulanowicz, como este mesmo admite:

(...) o agente da autocatálise deriva não das entidades compondo um sistema, mas ao invés disso da *justaposição espacial e temporal de processos* que transpiram

¹⁹Popper seguramente se refere, aqui, a forças mecânicas “rígidas”, com o sentido de propensões com valor 1. Em uma visão de mundo onde predominam propensões com valor menor do que 1 – e portanto onde há *mais indeterminação* – o mundo se parece *menos* como uma “máquina causal”.

entre os elementos, i.e., a forma cinética do sistema. Por essa razão, eu chamei este agente uma “causa formal”. Agindo assim, tomei emprestado do léxico de Aristóteles, embora eu me apresse a apontar que o agente formal da autocatálise *difere apreciavelmente* da causa formal postulada por Aristóteles. (Ulanowicz, 1996, p. 226; grifos adicionados)

Posto isso, cabe discutir como, em termos mais formais, foi possível a Ulanowicz apresentar suas idéias a partir de um ponto de vista relativamente muito distinto de suas apresentações anteriores. A solução aparentemente se encontra em um uso novo para a concepção de “probabilidade condicional”. É a este conceito que a discussão se dirige agora.

As *frequências conjuntas* de ocorrência de eventos, montadas em uma tabela, podem ser utilizadas para a *estimativa* das *probabilidades conjuntas* de ocorrência. Estas, por sua vez, são importantes para o cálculo das propensões, conforme apresentado por Ulanowicz (1996). Se P_{ij} é a propensão para um evento i - j ocorrer *no contexto de um sistema*, então três expressões equivalentes podem ser apresentadas:

$$P_{ii} = i \quad .i .i_i .i_i .i .i_i. \quad (8)$$

Tudo o que é necessário para o cálculo das propensões em um sistema é a montagem de uma tabela de ocorrências conjuntas que inclua um número suficiente de observações sobre o *comportamento* do sistema. É importante ressaltar que o cálculo das propensões popperianas é contexto-dependente, ou seja, as propensões nunca ocorrem em isolamento, mas sempre no contexto de uma situação – ou, o que é equivalente, no âmbito de um sistema de relações. A suposta vantagem da consideração de propensões ao invés de forças é enfatizada por Ulanowicz:

Nunca me senti confortável com a noção de forças termodinâmicas generalizadas, principalmente porque elas não podem ser formuladas (ou mesmo identificadas!) para qualquer coisa além dos sistemas físicos mais simples. Popper agora fornece a perspectiva superior: aqueles agentes que identificamos como forças são apenas um pequeno e degenerado subconjunto de uma classe mais ampla de atores – propensões! Falando de forma mais geral, as coisas não são sempre compelidas (forçadas) a acontecer, mas existe uma maior ou menor tendência de que elas transpirem. Quando ‘montes de coisas são colocadas juntas no mesmo lugar’, existe uma propensão a favor ou contra a ocorrência de eventos particulares. (Ulanowicz, 1996, p. 230)

Existe, na opinião de Ulanowicz, uma possibilidade de se trabalhar com propensões da mesma forma que habitualmente se busca lidar com forças generalizadas, em termodinâmica. Para tanto, deve ser aqui apresentada a expressão da *ascendência* de sistemas:

(9)

Em termos sucintos, pode-se dizer que a *ascendência* é a soma de vários produtos, cada um dos quais consiste de uma magnitude de fluxo (T_{ij}) multiplicada por um termo logarítmico. Se cada termo da *ascendência* for considerado como o produto de um *fluxo* por sua *força conjugada*, então decorre naturalmente que o termo logarítmico é uma “força” termodinâmica generalizada, que o *contexto do sistema* exerce sobre o *fluxo*. Quando esse tipo de “força” contexto-dependente é identificada com uma *propensão*, resulta que cada termo logarítmico da *ascendência* é uma *propensão para a ocorrência de seu fluxo conjugado*. Considerada sob essa perspectiva, a *ascendência* passa a ser uma “função de potência”²⁰ ou uma “working function”, que mede a *eficiência* geral do sistema. Nesse sentido, este índice pode ser utilizado em estudos termodinâmicos de processos irreversíveis (Ulanowicz, 1996).

Embora Ulanowicz não apresente um aprofundamento da discussão acima, a questão da “eficiência” de um sistema dissipativo está diretamente associada com seu *princípio da ascendência*, conforme expresso na versão mais recente:²¹ na ausência de perturbações externas esmagadoras, *sistemas vivos* exibem uma *propensão* natural para *aumentar* em *ascendência*. Pode-se argumentar, nesse caso, que o *aumento relativo da ascendência* é uma medida direta do *aumento da eficiência*, o que implica em que *maiores propensões*, no contexto do sistema, levam a *maiores eficiências*. Foi anteriormente postulado que propensões com valores mais elevados se aproximam de forças. Sistemas regidos por interações entre forças, por outro lado, são mais “mecânicos” (mais rígidos, mais determinados). Assim, poder-se-ia sugerir que *sistemas com propensão a apresentar um comportamento mais mecânico são mais eficientes termodinamicamente*.²² Neste ponto cabe apresentar uma comparação entre duas idéias que são prontamente incorporadas pela formulação de Ulanowicz.

Em importante obra recente (“Environmental Accounting: eMergy and Environmental Decision Making”), Howard T. Odum apresenta uma comparação entre duas formas alternativas de se referir ao mesmo princípio:

²⁰Quando os fluxos são medidos em termos de energia, a *ascendência* adquire as dimensões físicas de *potência*.

²¹Anteriormente introduzida e comparada com as versões preliminares.

²²Esta afirmativa, postulada em outros termos, seguramente não é nova. Porém é aqui explicitamente associada ao conceito de *propensões*.

1. Sistemas auto-organizadores desenvolvem reservatórios auto-catalíticos para maximizar transformações de potência úteis (a maximização do uso de potência também maximiza a taxa de dissipação de energia disponível e a taxa de produção de entropia). (...) ²³

2. Sistemas auto-organizadores dispersam energia mais rapidamente, maximizando a taxa de produção de entropia através do desenvolvimento de estruturas dissipativas autocatalíticas (a maximização da dissipação também maximiza transformações de potência úteis). (Odum, 1996, p. 20-21) ²⁴

A primeira versão se deve a H. T. Odum, que desenvolveu de forma exemplar as idéias introduzidas por Lotka (1922a, 1922b, 1925). ²⁵ Já a segunda versão é decorrente da Escola de Bruxelas, iniciada por Ilya Prigogine (ver, e.g., Kondepudi e Prigogine, 1998). Conforme Odum, a segunda versão, cronologicamente posterior, não deu crédito à primeira, introduzida já na década de 1920. Isto se deve basicamente a um conflito entre linhas de investigação distintas, pois a primeira versão é fruto de pesquisas realizadas em escala ecossistêmica, enquanto a segunda decorreu de trabalhos em nível molecular.

A partir deste ponto existem subsídios suficientes para uma última análise. Odum (1996, p. 21; grifos adicionados) coloca que a sua versão “possui raízes biológicas evolutivas e *determinísticas*”, enquanto a outra versão enfatiza “processos *estatísticos* e dispersão energética *aleatória*”. De fato, a ênfase de Odum em equações diferenciais – e.g., “o termo *auto-catalítico* se refere à equação diferencial para o reservatório, onde o termo para produção é um produto da fonte de entrada e do ‘feedback’ do reservatório” (1996, p. 19) – é plenamente determinista, ²⁶ enquanto a interpretação mais recente de Prigogine sugere a *total eliminação* da noção de *trajetória*, substituindo a abordagem por uma teoria puramente probabilística (Prigogine, 1996).

Em função do acima exposto, pode ser sugerido que a *teoria da ascendência e a teoria das propensões, inseridas em um formalismo comum a ambas*, aparentemente *propiciam uma forma de conjugar processos puramente deterministas com processos puramente indeterministas*. No referente a processos ecológicos, esta é uma visão realmente inovadora, que engloba toda tentativa anterior de se chegar a uma “lei” ou “princípio” geral para ecossistemas.

²³Energia disponível é a energia potencial capaz de realizar trabalho e ser degradada no processo. É também denominada *exergia* (Odum, 1996).

²⁴Por *potência* deve-se entender aqui *fluxo de energia útil por unidade de tempo*. Energia útil é aquela energia disponível utilizada para incrementar a produção e a eficiência do sistema (*Id. ibid.*).

²⁵Ver Odum e Pinkerton (1955).

²⁶Mesmo que inclua sistemas de equações não-lineares, pois nesse caso se estaria apenas em presença do caos *determinista* usualmente considerado em física e biologia.

Deve ser notado que Prigogine, embora apresente uma concepção distinta daquela fornecida por Ulanowicz, se baseia igualmente em Popper, para defender um ponto de vista indeterminista legítimo. Assim, pode-se ler que:

Para Bergson, como para Popper, o *realismo* e o *indeterminismo* são solidários. Mas essa convicção choca-se com o triunfo da física moderna, com o fato de que o mais fértil e o mais rigoroso dos diálogos que travamos com a Natureza desemboca na afirmação do determinismo. (Prigogine, 1996, p. 22; grifos adicionados)

Ou ainda:

O indeterminismo, defendido por Whitehead, Bergson ou Popper, impõe-se doravante na física. Mas ele não deve ser confundido com a ausência de previsibilidade, que tornaria ilusória toda ação humana. É de limite à previsibilidade que se trata. (...) De qualquer modo, o indeterminismo não traduz, aqui, uma opção metafísica. Ele é a consequência da descrição estatística exigida pelos sistemas dinâmicos instáveis. (Prigogine, 1996, p. 115)

O fato é que Prigogine, assim como Ulanowicz, considera a filosofia de Popper como apoio substancial a suas realizações. É nesse ponto que outra questão importante surge. O posicionamento de Ulanowicz não está, cabe destacar, imune a problemas de diversas magnitudes, porém boa parte deles afetam igualmente Popper e Prigogine. Além disso, as críticas (como algumas comumente feitas a H. T. Odum²⁷) são com frequência de cunho ideológico ou metafísico, usualmente associadas ao embate “reducionismo *versus* holismo”²⁸ ou “determinismo *versus* indeterminismo”, e assim por diante – e muitas vezes provenientes da física.²⁹ Embora existam severas críticas à teoria das propensões de Popper,³⁰ deve-se notar que ela permanece *em princípio* tão válida quanto a versão determinista. Assim, a validade ou não de seu uso deve se verificar com o tempo.

²⁷Uma crítica importante foi realizada por Mansson e Mcglade (1993), contestada por Patten (1993) e rebatida de forma contundente pelo próprio Odum (1995).

²⁸Deve-se notar que é possível – o que de fato tem sido realizado crescentemente na literatura especializada – criticar aspectos do reducionismo *sem romper* com o discurso científico. Rose (1998) discute estas questões através da seguinte divisão: (1) reducionismo como *metodologia*, (2) redução da *teoria* e (3) reducionismo *filosófico*.

²⁹Ver, e.g., Bricmont (1996) para um posicionamento explicitamente contrário a Prigogine e a Popper.

³⁰Para uma excelente análise crítica da teoria probabilística de Popper – tema este que estaria muito além da pretensão deste trabalho – ver O’Hear (1997).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formulação teórica de Ulanowicz pode ser interpretada como sendo, desde o início, uma alternativa à teoria de Prigogine para a descrição de *estruturas dissipativas*. Além das diferenças fundamentais das formalizações matemáticas, há uma nítida distinção no que tange aos níveis hierárquicos abordados. Enquanto Prigogine iniciou seu trabalho com o estudo de processos termodinâmicos simples *in vitro*, Ulanowicz (seguindo a Eugene e Howard Odum) enfatizou a abordagem de ecossistemas complexos.

Ulanowicz rejeitou já de início as descrições que incluíam explicitamente “forças” físicas – tais como gradientes de temperatura considerados como “forças”. Esse fato o levou a tentar enfocar e defender inicialmente uma abordagem *fenomenológica* puramente descritiva, implicada em suas formalizações derivadas da teoria da informação. O enfoque “preditivo” foi restringido e associado à formulação original do princípio da ascendência. Esta constituiu a primeira fase de seu trabalho. Porém Ulanowicz jamais abandonou por completo o intuito de enquadrar adequadamente alguma forma de representação de “forças” em sua formulação teórica. Uma análise cronológica do desenvolvimento da teoria de Ulanowicz aponta para o fato de que, em determinado momento, houve forte influência da “doutrina das quatro causas” de Aristóteles. Este fator importante, que motivou uma reestruturação da teoria para incluir “forças”, veio através de um trabalho do biomatemático Robert Rosen. Este propôs, entre outras coisas, uma reincorporação da causa aristotélica final no quadro científico atual. Isso levou Ulanowicz a optar por enfatizar ainda mais o papel da auto-organização nos sistemas dissipativos, através da autocatálise (um termo importado da química) ou mutualismo indireto dos componentes. Porém, nesse estágio, a ligação da teoria com as forças estava ainda pouco nítida. Conclui-se que Ulanowicz formulou explicitamente “causas formais e finais”, porém dependentes de uma concepção hierárquica (onde as causas em questão podem ser percebidas ou não, dependendo do nível focal), mas sem seguir as diretrizes de Rosen, que defende uma abordagem não necessariamente hierárquica. Porém esta parte do trabalho de Rosen é extremamente complexa (pois inclui a teoria matemática das categorias, entre outras abordagens metodológicas), e não foi descrita neste trabalho, pois alteraria muito o enfoque (as causas finais rosenianas incluem a noção de capacidade de *antecipação*, e portanto são muito diferentes da proposta de Ulanowicz). Ulanowicz parece se distanciar muito da concepção aristotélica original, o que não influi de forma alguma na validade de sua teoria. A inclusão das idéias aristotélicas constituiu a segunda fase de seu trabalho. Cabe ressaltar que a constatação de uma vinculação não-contraditória entre a teoria científica e a referida base filosófica merece investigações subseqüentes.

Foi somente com a influência recebida através da leitura de “A World of Propensities”, de Popper, que Ulanowicz concebeu uma forma natural de enquadrar sua teoria em um esquema de forças não tão limitado quanto aquele inicialmente

proposto pela escola de Prigogine. É precisamente nesse ponto que a teoria da ascendência pode ser vista como efetivamente adotando uma posição inovadora. Mas embora a teoria da ascendência aparentemente haja incorporado de forma satisfatória a teoria das propensões, alguns detalhes permanecem ainda em aberto, e devem ser melhor analisados. Esta constituiu a última fase do trabalho de Ulanowicz.

Permanecem em aberto ainda algumas questões fundamentais. Antes de mais nada, deve ser notado que Prigogine recentemente tem afirmado satisfazer às aspirações de Popper por um *universo aberto* (não determinado causalmente). Essa perspectiva, é interessante acrescentar, encontra apoio importante no fato de que o próprio Prigogine é referido por Popper em seu livro “The Open Universe” (Popper, 1988). Assim, fica evidente que existem duas linhas aparentemente distintas de descrição de estruturas dissipativas, uma privilegiando forças (Prigogine) e outra enfocando fluxos (Ulanowicz), que buscam – de maneira independente – um enquadramento no esquema indeterminista popperiano. A proposta de Ulanowicz parece ser de pronta aplicação em ecologia, e neste sentido é vista favoravelmente neste trabalho. De fato, uma das áreas mais promissoras de aplicação desta teoria parece ser aquela situada precisamente entre a ecologia de sistemas e a teoria da evolução. Além disso, vincula de forma direta o cálculo de propensões ao contexto ecossistêmico. Quanto à teoria de Prigogine, que não foi aqui analisada em detalhes, basta dizer que ainda não possui uma forma apropriada para aplicação em estudos ecológicos. Porém somente estudos continuados podem conduzir a um posicionamento mais consolidado com respeito à importância relativa das duas teorias.

A ciência da ecologia e a própria biologia não têm se enquadrado adequadamente em muitas das aproximações metodológicas da física. Deve-se conceder que usualmente são os próprios profissionais da área que têm melhores condições de avaliar as abordagens mais adequadas a seus interesses. A história tem mostrado que a ecologia se manteve distanciada das outras ciências em termos das descrições mais apropriadas para seus objetos de estudo, e tem desenvolvido métodos próprios, sem nunca dispensar considerações hierárquicas. A teoria da ascendência, dentre outras teorias ecológicas, é fruto de desenvolvimentos peculiares à ecologia de sistemas – e talvez seja de fato, como Ulanowicz sugere no título de seu último livro, uma verdadeira “perspectiva ascendente”.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao professor Ulanowicz pelas inúmeras informações gentilmente fornecidas, e por todo o incentivo dado à minha pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAM, D. The mechanical and the organic: epistemological consequences of the gaia hypothesis. In: BUNYARD, P. (ed.) *Gaia in action: science of the living earth*. Edinburgh: Floris Books, 1996. 351 p.
- AHL, V.; ALLEN, T.F.H. *Hierarchy theory: a vision, vocabulary, and epistemology*. New York: Columbia University Press, 1996. 206 p.
- BARNES, J. 1982. *Aristotle*. Oxford: Oxford University Press. 127 p.
- BRICMONT, J. Science of chaos or chaos in science? *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 775, p. 131-175, 1996.
- CAPRA, F. *O ponto de mutação - a ciência, a sociedade e a cultura emergente*. São Paulo: Cultrix, 1982. 447 p.
- COOPER, G. Generalizations in ecology: a philosophical taxonomy. *Biol. and Phil.*, v. 13, p. 555-586, 1998.
- EAISLEA, B. *Witch hunting, magic, and the new philosophy: an introduction to the debates of the scientific revolution 1450-1750*. New Jersey: Humanities Press, 1980.
- HOFFMANN, D. S. Hierarquias em evolução. *Episteme*, v. 5, p. 49-72, 1998.
- KONDEPUDI, D.; PRIGOGINE, I. *Modern thermodynamics: from heat engines to dissipative structures*. Chichester: John Wiley & Sons, 1998. 486 p.
- LEVINS, R.; LEWONTIN, R. *The dialectical biologist*. Cambridge: Harvard University Press, 1985.
- LOTKA, A. J. Contribution to the energetics of evolution. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, v. 8, p. 147-151, 1922a.
- LOTKA, A. J. Natural selection as a physical principle. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, v. 8, p. 151-154, 1922b.
- LOTKA, A. J. *Physical biology*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1925. 460 p.
- MANSSON, B. A.; McGLADE, J. M. Ecology, thermodynamics and H.T. Odum's conjectures. *Oecologia*, v. 93, p. 582-596, 1993.
- MARGALEF, R. *Perspectives in ecological theory*. Chicago: University of Chicago Press, 1968. 111 p.
- MIKULECKY, D.C. Complexity, communication between cells, and identifying the functional components of living systems: some observations. *Acta Biotheoretica*, v. 44. p. 179-208, 1996.
- NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I. *Self-organization in nonequilibrium systems*. New York: John Wiley & Sons, 1977.
- NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I. *Exploring complexity*. New York: Freeman, 1989.
- ODUM, E. P. The strategy of ecosystem development. *Science*, v. 164, p. 262-270, 1969.
- ODUM, H. T. *Environment, power and society*. New York: John Wiley & Sons, 1971. 331 p.
- ODUM, H. T. Energy systems concepts and self-organization: a rebuttal. *Oecologia*, v. 104, p. 518-522, 1995.
- ODUM, H. T. *Environmental accounting: emergy and environmental decision making*. New York: John Wiley & Sons, 1996. 370 p.
- ODUM, H. T.; PINKERTON, R. C. Time's speed regulator. *Amer. Sci.*, v. 43, p. 321-343, 1955.
- O'HEAR, A. (org.) *Karl Popper: filosofia e problemas*. São Paulo: UNESP, 1997. 352 p.
- ONSAGER, L. Reciprocal relations in irreversible processes. *Phys. Rev. A*, v. 37, p. 405-426, 1931.
- PATTEN, B. C. Toward a more holistic ecology, and science: the contribution of H. T. Odum. *Oecologia*, v. 93, p. 597-602, 1993.
- PATTEN, B. C.; ODUM, E. P. The cybernetic nature of ecosystems. *Am. Nat.*, v. 118, p. 886-895, 1981.

- POPPER, K. R. *Autobiografia intelectual*. São Paulo: Cultrix, 1977. 263 p.
- POPPER, K. R. *Logik der Forschung*. Tübingen: Mohr, 1982. 468 p.
- POPPER, K. R. *Realismo y el objetivo de la ciência. Post scriptum a la lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos, 1985.
- POPPER, K. R. *The open universe - an argument for indeterminism*. London: Routledge, 1988.
- POPPER, K. R. *A world of propensities*. Bristol: Thoemmes, 1990. 51 p.
- PRIGOGINE, I. Moderation et transformations irreversibles des systemes ouverts. *Bull. Classe Sci. Acad. Roy. Belg.*, v. 31, p. 600-606, 1945.
- PRIGOGINE, I. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da Natureza*. São Paulo: UNESP, 1996. 199 p.
- RASHEWSKY, N. Topology and life: in search of general mathematical principles in biology and sociology. *Bull. Math. Biophysics*. v. 16, p. 317-348, 1954.
- ROSE, S. *Lifelines: biology beyond determinism*. Oxford: Oxford University Press, 1998. 335 p.
- ROSEN, R. Information and complexity. In: ULANOWICZ, R. E.; PLATT, T. (eds.). *Ecosystem theory for biological oceanography*. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci., v. 213, 1985. 260 p.
- ROSEN, R. *Life itself: a comprehensive inquiry into the nature, origin and foundation of life*. New York: Columbia University Press, 1991. 285 p.
- SALTHER, S.N. *Evolving hierarchical systems, their structure and representation*. New York: Columbia University Press, 1985.
- SCHNEIDER, E.; KAY, J. Life as a manifestation of the second law of thermodynamics. *Mathematical and Computer Modelling*, v. 19, p. 25-48, 1994.
- SCHNEIDER, E.; KAY, J. Order from disorder: the thermodynamics of complexity in biology. In: O'Neill, L. A. J. (ed.) *What is life: the next fifty years. Reflections on the future of biology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 161-172.
- ULANOWICZ, R.E. An hypothesis on the development of natural communities. *J. theor. Biol.*, v. 85, p. 223-245, 1980.
- ULANOWICZ, R. E. *Growth and development: ecosystems phenomenology*. New York: Springer-Verlag, 1986. 203 p.
- ULANOWICZ, R. E. Aristotelean causalities in ecosystem development. *OIKOS*, v. 57, p. 42-48, 1990.
- ULANOWICZ, R. E. The propensities of evolving systems., In: Khalil, E.L.; Boulding, K.E.(eds.), *Evolution, order and complexity*. London: Routledge, 1996. p. 217-233.
- ULANOWICZ, R. E. *Ecology, the ascendent perspective*. New York: Columbia University Press, 1997. 201 p.

FLORENTINO AMEGHINO Y LA POSIBLE DEGENERACION DEL HOMO SAPIENS

Leonardo Salgado y Pablo F. Azar***

RESUMEN

Hacia fines del siglo pasado la fe en el progreso indefinido estaba declinando. En el terreno de la Biología, surgieron distintas teorías degeneracionistas que contemplaban la posibilidad de que el hombre, al igual que otras especies, pudiera evolucionar hacia una forma “inferior”. Según Florentino Ameghino, esto era posible mediante diferentes procesos. En una de sus obras inconclusas, Ameghino definió “degeneración” como “degradaciones orgánicas hereditarias que culminan con la esterilidad” y enumeró diferentes agentes degenerativos que afectan al hombre de distinta forma. Ciertos rasgos que evolucionarían progresivamente, como la osificación del esqueleto y el tamaño cerebral, también constituían una amenaza. Demasiado bienestar podría también llevar al hombre por el camino de la degeneración. Por último estaba el riesgo de la bestialización, proceso degenerativo resultante de la actuación combinada de dos tendencias ortogenéticas, perturbadas, al menos una de ellas, por algún mecanismo heterocrónico. Particularmente, en el caso del surgimiento de los antropomorfos a partir de “hominidios primitivos”, el aumento del cerebro habría sufrido un retraso con relación al proceso de osificación de la caja craneana. Como resultado, se habría producido el bloqueo de las capacidades intelectuales y la típica silueta del cráneo antropomorfo. Este último proceso evolutivo jugará un importante papel en sus sucesivos modelos antropológicos.

Palabras clave: Ameghino; evolución; degeneración humana.

FLORENTINO AMEGHINO AND THE POSSIBLE DEGENERATION OF THE HOMO SAPIENS

By the end of the nineteenth century, the faith of endless progress was declining. In Biology, many degenerationst theories assumed that man, like other species, could evolve towards a lower stage. Florentino Ameghino believed that degeneration could be caused by different processes. In one of his unfinished papers, Ameghino defined “degeneration” as “hereditary organic degradations that culminate with

*Museo de Geología y Paleontología. Universidad Nacional del Comahue. Buenos Aires 1400, (8300) Neuquén, Argentina. Email: lsalgado@uncoma.edu.ar

**Facultad de Turismo. Universidad Nacional del Comahue. Buenos Aires 1400, (8300) Neuquén, Argentina.

sterility” and listed a set of degenerative agents that would affect man in different ways. Other characters that would evolve progressively, such as the ossification of the skeleton and brain size, were also dangerous. Too much comfort could lead man to degeneration. Finally, there was the risk of “bestialization”, a degenerative process involving two orthogenetic trends, at least one of them, perturbed by some heterochronic process. Particularly, in the case of the origin of anthropomorphs from primitive hominids, the progressive enlargement of the brain could have suffered a retardation in relation to the process of ossification of the braincase. As a result, it would have caused the inhibition of many mental abilities and the typical shape of the anthropomorph skull. This evolutionary process will play an important role in their many anthropogenetic models.

Key words: Ameghino; evolution; human degeneration.

PRESENTACION

En Biología, los conceptos *progreso* y *degeneración* se vinculan con la posibilidad de disponer a los organismos en una sucesión de acuerdo a algún parámetro, como su grado de perfección, superioridad, complejidad, adaptación al medio, especialización, independencia del ambiente, capacidad para obtener y procesar información, cantidad de información genética, etc. (Dobzhansky *et al.*, 1983; Simpson, 1984, Oliveira, 1998) Las metáforas de la *Scala Naturae* o la “Gran Cadena del Ser”, se refieren precisamente a ese posible encadenamiento jerárquico de los seres vivos (Gould, 1977).

Básicamente, el darwinismo decimonónico fue *progresionista*, lo que significa que desde una perspectiva darwiniana, las sucesivas especies en el transcurso de la evolución necesariamente debían ser cada vez más complejas, superiores o perfectas (Ospovat, 1981). Inclusive aquellos evolucionistas que preferían la metáfora del “árbol” en lugar de la “cadena”, como el mismo Darwin, creían, en mayor o menor medida, que la evolución era un proceso inexorablemente progresivo. Esta situación cambiará dramáticamente hacia el fin de siglo, y muchos evolucionistas aceptarán, finalmente, que el progreso no era un aspecto inherente a la evolución (Bowler, 1985; 1989). Por lo tanto, la degeneración, para el evolucionismo decimonónico, implicaba la posibilidad concreta de retroceder en este proceso de continuo perfeccionamiento. Degenerar no necesariamente implicaba revertir el proceso evolutivo, sino simplemente evolucionar hacia formas menos perfectas, inferiores, o más simples. De esta manera, la degeneración también podía consistir en la incorporación de nuevas etapas terminales al desarrollo embrionario, como se verá más adelante. La degeneración era siempre calificada como una desgracia, aún cuando la simplificación morfológica entrañara una obvia razón adaptativa, como en el caso de los parásitos o los organismos subterráneos. De todos modos, la mayoría de los evolucionistas entendía que la evolución degenerativa era un hecho excepcional, que había afectado sólo a algunos

organismos, como los tunicados, los parásitos y los cirrípedos, debido a circunstancias siempre excepcionales (Bowler, 1989; 1996).

Si bien a fines del siglo XIX prácticamente todos los naturalistas europeos y americanos coincidían en que la evolución humana había sido un suceso progresivo (Bowler, 1986), muchos reflexionaron sobre la posibilidad de una futura degeneración de nuestra especie. Más aún, para muchos observadores, las señales de degeneración socio- cultural que creían advertir, eran la punta del iceberg de la desnaturalización física del *Homo sapiens*. En efecto, el propio Herbert Spencer pensaba que el progreso social obedecía al progreso mental y biológico (Spencer, 1908), lo que implicaba que la degeneración biológica debía llevar automáticamente a una degeneración social (Bowler, 1989).

El temor a la degeneración puede percibirse en la literatura de la época victoriana, particularmente en las obras del género utópico como “The Time Machine” de 1895, de Herbert G. Wells (Morton, 1984). El movimiento eugenésico, de fuerte presencia en Europa y Estados Unidos ha sido en gran medida hijo del temor a la degeneración racial (Bowler, 1984; 1989).

En Argentina, ideas de corte degeneracionista pueden hallarse en textos de un amplio número de autores (ver Vezzetti, 1983; Terán, 1987). En este trabajo nos referiremos a varios de los procesos degenerativos contemplados por Florentino Ameghino (1854-1911), en particular, a aquellos que el sabio vinculó con la evolución de la especie humana. Demostraremos que la degeneración evolutiva ha jugado un rol central en sus cavilaciones sobre el origen del hombre, sobre todo, su mecanismo de la bestialización.

LA DEGENERACION Y LOS MECANISMOS EVOLUTIVOS IMPLICADOS

Al igual que la evolución progresiva, la degeneración podía ser atribuida a diferentes causas de acuerdo con la teoría evolutiva que se tuviera como referencia. En efecto, todas las versiones del evolucionismo (darwinismo, lamarckismo u ortogénesis) tuvieron su variante degenerativa (Bowler, 1985; 1989). Si bien la degeneración era un concepto que no se limitaba al evolucionismo, es evidente que la aceptación de la evolución, luego de la publicación de “El Origen de las Especies”, convenció a muchos de la posibilidad de una transformación desfavorable de la humanidad. Antes de 1859, se suponía que ciertos factores, como el alcohol, las drogas, y las enfermedades de transmisión sexual, acarrearaban la degeneración de la especie, aunque existían diferentes opiniones en cuanto a qué tipo de afección podían causar esos agentes. Algunos también sostenían que los cruzamientos entre individuos de diferentes razas predisponían a la degeneración (Spencer, 1908). De igual modo, había quienes sugerían que aquellas razas que eran expatriadas, tendían a degenerar (Bowler, 1989, p. 332). Estos dos últimos argumentos, no vinculados directamente con el evolucionismo, fueron reiteradamente empleados, incluso en Argentina, con el

propósito de negar el ingreso a grupos no deseados (Suárez, 1928; Ameghino, 1935; Terán, 1987).

Ya en un contexto evolucionista, los lamareckistas, quienes por lo general asociaban degeneración con atrofia o reducción de órganos, aseguraban que la vida en ciertos ambientes “poco estimulantes” podía llevar a una degeneración, debido a la falta o disminución del uso de aquellos órganos encargados de la movilidad. Por ejemplo, E. MacBride pensaba que sólo la vida libre conducía a una evolución progresiva (Bowler, 1984; 1985). En el pasado este tipo de degeneración habría alcanzado a los parásitos, los tunicados, los cirrípedos, y, en general, a todos los organismos que habían adoptado secundariamente el modo de vida inmóvil. Los darwinistas, por su parte, sostenían que las causas de este último tipo de degeneración se hallaban, no tanto en la falta de ejercicio como en un relajamiento de las presiones selectivas, de lo que resultaba un aumento de la frecuencia de cruzamientos entre los individuos menos capaces, igualando, o incluso superando a los cruzamientos entre los más aptos (Morton, 1984). En el caso particular de las sociedades humanas, algunos darwinistas más próximos al malthusianismo, advertían que si se aseguraba a todos los hombres el suministro de los recursos básicos de subsistencia, la competencia era desalentada, dándose paso a la degeneración racial. Inclusive parecían existir obstáculos sociales para la multiplicación de los mejor dotados, como la selección militar en tiempos de guerra.

Los *ortogenetistas*, por su parte argumentaban que ciertas tendencias evolutivas, aunque en principio progresivas, de persistir, podían causar una degeneración. Esto le habría sucedido a un gran número de organismos e inclusive algunos pensaban que esa suerte podía tocarle a nuestra propia especie (Bowler, 1985; 1989).

AMEGHINO

En la obra de Ameghino se encuentran numerosas referencias a la degeneración evolutiva. La posibilidad de un deterioro de la especie humana preocupó al sabio especialmente en sus últimos años. Según parece, en su obra trunca “Origen y Persistencia de la Vida (la materia, la vida, la muerte y la inmortalidad)” (Torcelli, 1935) iba a dedicar un capítulo completo al problema de la degeneración. Sin embargo, hay que aclarar que las anotaciones que compondrían “Origen y Persistencia de la Vida”, reunidas y publicadas por Alfredo Torcelli como parte de las Obras Completas del sabio, fueron escritas desde, al menos desde 1890, por lo que varias de las ideas que allí se encuentran podrían haber sido concebidas mucho antes de 1911, el año de su muerte.

En aquella obra Ameghino da una lista de factores que podían causar una degeneración:

Causas de degeneración:

1. Patológicas: sífilis, escrófula, raquitismo, tuberculosis, lepra, etcétera.

2. Tóxicas: venenos etéricos, alcohol, opio, tóxicos alimenticios, pelagras, etc.
 3. Climatéricas y geográficas: paperas y cretinismo, falta de aclimatación, altitudes extremas, etc.
 4. Sociológicas: aglomeraciones urbanas, crecimientos étnicos, selección militar, extremada división del trabajo, excesos cerebrales, etc.
- (Me propongo considerar las degeneraciones como resultado de degradaciones orgánicas hereditarias culminando en la esterilidad. El alcohol es, sobre todo, así como el opio, lo que deja más rastros hereditarios.” (en Torcelli, 1935, p. 545)

Lo que Ameghino no indica es qué tipo de efectos psico-somáticos causaría cada uno de estos agentes. Según una idea muy extendida en la época, los factores ambientales adversos, como varios de los que enumera Ameghino, causaban el detenimiento del desarrollo embrionario. Robert Chambers, autor de *Vestiges of the Natural History of Creation*” publicada en 1844, ya se había referido a la relación entre las “condiciones de vida” y el grado de desarrollo del individuo (Chambers, 1994). También el “criminal nato” establecido por Cesare Lombroso, que presentaba una variedad de caracteres subhumanos, resultaba de las malas condiciones de vida de la madre (Gould, 1977). Quienes vinculaban las condiciones deficientes de existencia con el detenimiento del desarrollo, por lo general identificaban la degeneración con la aparición ocasional de *atavismos*, es decir, con la reaparición espontánea de características primitivas. En su obra de 1909 “El *Diprothomo platensis*: un precursor del hombre del Plioceno Inferior de Buenos Aires” (Torcelli, 1934a), Ameghino reconoce explícitamente que los atavismos tienen su origen en una detención del desarrollo (“*Hoy existe un general acuerdo para atribuir la microcefalia a una detención simultánea del desarrollo del cráneo y del cerebro.*” p. 679), y que los atavismos equivalen a caracteres primitivos, de acuerdo con la Ley Biogenética Fundamental de Ernst Haeckel (“*Todos los verdaderos microcéfalos reproducen en la conformación del cráneo estadios intermedios en diversos grados entre el Diprothomo y el Homo sapiens.*” p. 679).

Es posible, por lo tanto, que Ameghino haya especulado con que algunos de esos agentes degenerativos enumerados en “Origen y Persistencia de la Vida”, hayan sido los responsables de la detención del desarrollo, es decir, de la existencia de atavismos ocasionales y no sólo de provocar trastornos o desórdenes hereditarios. En esta última obra, se refiere específicamente a las consecuencias de la ingestión excesiva de alcohol:

El entorpecimiento por el frío, los alcoholes, etc., no permite el libre juego de los agrupamientos basíbios del cerebro y las ideas se generan en él con dificultad. Es la estupidez (...) El gran calor aumenta considerablemente ese movimiento y se produce el aturdimiento. El movimiento es extraordinario en la locura...” (en Torcelli, 1935, p. 535)

Ameghino tal vez haya tenido en cuenta, por un lado, la degeneración atávica, manifestada en las generaciones posteriores a la actuación del agente degenerativo, por el otro, la acción directa de esos agentes sobre el funcionamiento de los órganos del pensamiento.

Como dijimos, en opinión de algunos evolucionistas, ciertos ambientes y ciertos estilos de vida en relación con esos ambientes, podían predisponer a la degeneración. Ameghino hizo propia esta idea al aceptar que los *tunicados* eran seres degenerados, algo que había sido anticipado por Ernst Haeckel, en el marco de su “Ley Biogenética Fundamental” (Bowler, 1996).

Los Tunicados se presentan, en el conjunto de sus caracteres, como seres que han sufrido una completa retrogradación, encontrándose aún pruebas de su forma primitiva más cercana a la de los vertebrados, en su desarrollo embrional, en su misma cuerda dorsal que desaparece en algunos de ellos, y en el estado libre de las larvas, que luego se acortan y modifican de distinta manera hasta conducir a muchas de ellas a fijarse por su base, para pasar allí una vida vegetativa parecida a la de las plantas y a la de muchos radiados. (en Torcelli, 1935, p. 490)

En el caso específico del hombre, la misma causa (falta de movilidad en un ambiente abundante en recursos) podía llegar a producir un efecto similar. En “Origen y Persistencia de la Vida”, Ameghino hace una observación sobre los peligros que ocasionan a los humanos conductas o hábitos inadecuados, a la vez que ofrece una serie de posibles soluciones:

Peligros que amenazan a la humanidad futura,
Peligros del bienestar.-El demasiado bienestar es a menudo la causa de la decadencia de las especies, de las naciones y de las razas, así como también lo es de las especies animales, cuya extinción ha producido frecuentemente.

-Peligro en el aumento y uso de los instrumentos.-La substitución de la mano de obra humana por máquinas, instrumentos, aparatos, etc., puede traer una degeneración en las facultades del Hombre.

-Disminución de la fuerza muscular.-Los clubs de Gimnasia y Esgrima deberían dar el ejemplo consagrándose pura y exclusivamente a la gimnasia, eliminando el florete y dando la preferencia al box y la savate. Aquél desarrolla las enfermedades nerviosas, mientras que éstos desarrollan y fortifican el sistema muscular. *(en Torcelli, 1935:548).*

LA DEGENERACION Y LA EVOLUCION ORTOGENETICA

En un trabajo anterior (Salgado y Azar, 1998) nos hemos referido a la distinción, por parte de Ameghino, de ciertos caracteres llamados por él “de progresión constante”,

que “*trabajan siempre en la misma y determinada dirección*” (Torcelli, 1915, p. 414). En “Filogenia” de 1884 (Torcelli, 1915), Ameghino da una lista de tendencias que se vinculan con la evolución de este tipo de caracteres: tendencia al aumento del tamaño del cerebro, tendencia a hacerse cada vez más vivíparos, tendencia a la osificación, etc. Si bien, como hemos dicho (Salgado y Azar, op. cit.), los caracteres de progresión constante de los que Ameghino habla en “Filogenia” parecen haber evolucionado “*independiente de las causas accidentales u otras que en ciertos grupos han acelerado o retardado esta evolución*” (Torcelli, 1915: 334), en su obra trunca “Las cuestiones concernientes al origen de los homínidos según los últimos trabajos y los últimos descubrimientos” (Torcelli, 1935), Ameghino menciona que “*el aumento progresivo de la talla es una tendencia inherente a todos los vertebrados que se encuentren en condiciones de vida favorable...*” (en Torcelli, 1935:975), con lo que da a entender que ciertos organismos, bajo condiciones desfavorables, podrían evolucionar (o subsistir) sin aumentar de tamaño. Dicho de otro modo, para Ameghino ciertas condiciones de vida pueden ser desfavorables, y de ello resulta que los organismos se estanquen o degeneren.

En “Origen y Persistencia de la Vida”, Ameghino se mostraba preocupado por el alcance de estas tendencias evolutivas en las futuras poblaciones humanas. Nos referiremos a dos de ellas: el progresivo proceso de osificación y el aumento del tamaño cerebral. En cuanto a la primera, Ameghino apuntó:

Anquilosis de las partes óseas.-Esta constituye uno de los más grandes peligros del futuro y deberá tratarse de retardarla en cuanto más sea posible, cualquiera que sea la parte del esqueleto en que ella se manifieste.” “El peligro más grande para el hombre del porvenir consiste en el constante avance del proceso de osificación. (en Torcelli, 1935:494).

El continuo proceso de osificación del esqueleto era posiblemente la causa de la futura extinción de los vertebrados:

El resultado final de la evolución del esqueleto parece ser la reunión en una de todas sus múltiples partes. Cuando haya llegado a ese extremo, ¿qué acontecerá? ¿Se extinguirán los vertebrados? ¿Surgirá una nueva forma?” (en Torcelli, 1935:494).

Si bien la anquilosis progresiva no era debida a la vida sedentaria sino a un mecanismo interno que operaba en todos los vertebrados, Ameghino pensó que, en el caso de los humanos, el ejercicio físico podía, al menos, neutralizar o aplazar sus efectos. En cuanto a la segunda de las tendencias, es natural que para quien el tamaño de cerebro constituye un rasgo contundente en la “lucha por la existencia”, el aumento excesivo de la masa cerebral no puede constituir un riesgo. Por lo tanto deberemos elucidar en primer lugar, cuál era la idea de Ameghino al respecto. En “*El Diprothomo*

platensis: un precursor del hombre del Plioceno inferior de Buenos Aires” (Torcelli, 1934) Ameghino explica que “*El hombre no es, pues, superior por su gran masa cerebral, sino por la calidad de la substancia que la constituye.*” (en Torcelli, 1934a, p. 675).

En su obra trunca “Cuestiones concernientes al origen de los homínidos” , Ameghino irá más lejos: el cerebro por sí sólo (aunque se trate de un cerebro de “buena calidad”) no explica la superioridad del hombre:

...en una discusión con uno de mis más queridos colegas y amigos, el doctor Holmberg, sostuve que la superioridad del Hombre no sólo dependía del gran desarrollo del cerebro, sino principalmente de los caracteres muy primitivos de la mano.” “Suponga Ud. Por un instante que un caballo tuviese el cerebro de Ameghino. ¿Qué podría hacer con ese cerebro? Correr y relinchar, y nada más.

Y más adelante concluye,

...toda la superioridad del Hombre depende en primer término del tipo muy primitivo y excesivamente antiguo de la mano. (en Torcelli, 1935, p. 989)

Por lo tanto, para Ameghino el aumento del tamaño cerebral no representaba necesariamente una mejora. Quedaba abierta la posibilidad para que este carácter entrañe un peligro en el futuro. Así lo manifestó en “Origen y Persistencia de la Vida”:

...el día en que el cerebro fuese para la especie un peligro, sus efectos podrían ser neutralizados provocándose un aumento de la talla (en Torcelli, 1935, p. 550).

LA BESTIALIZACIÓN

Vinculado a la degeneración ortogenética se halla el conocido proceso ameghiniano de la *bestialización*. Como hemos dicho en la introducción, este proceso tendrá un lugar importante en los sucesivos modelos antropogenéticos que bosquejará Ameghino hasta su muerte. En “Filogenia” (Torcelli, 1915), la bestialización es descrita por primera vez:

Pero cuando desgraciadamente el desarrollo del cerebro cesa por cualquier causa, permaneciendo estacionario en su volumen durante un largo lapso de tiempo o experimenta en su desenvolvimiento un retardo considerable, permaneciendo, a pesar de eso, la forma en que se verifica esa detención o retardo en las mejores condiciones para el crecimiento y propagación de la especie, continúa el desarrollo puramente vegetativo hasta que predomina por completo sobre el intelectual o del cerebro, lo que necesariamente trae modificaciones del cráneo, fatales para la vida

de la especie, como pueden ofrecernos palpables ejemplos de ello distintas formas en el día extinguidas. (en Torcelli, 1915, p. 287, el subrayado es nuestro)

Entran aquí en juego dos caracteres de progresión constante: por un lado, el aumento progresivo del tamaño y la osificación, por el otro, el aumento de la masa cerebral. El adelantamiento del primero (o el retraso del segundo), ocasiona la bestialización. Se trata de un caso claro de *heterocronía* haeckeliana, definida por Gould (1977: 481) como el desplazamiento en el tiempo de la aparición o desarrollo de un órgano con relación a otro.

En “Filogenia”, la bestialización es aplicada a la evolución del Gorila (Torcelli, 1915, p. 290) y a una serie de mamíferos extinguidos, como *Toxodon* (p.287), *Typotherium* (p.287), *Mylodon* (p.288), *Scelidotherium* (p.288), *Lestodon* (p.288) y *Glyptodon* (p.289).

En “Las Formaciones Sedimentarias del Cretácico Superior y del Terciario de Patagonia, con un paralelo entre sus faunas mastológicas y las del antiguo continente” de 1906 (Torcelli, 1934b), Ameghino extiende su mecanismo de la bestialización a la mayor parte de los monos del nuevo mundo (cébidos y “arctopitecos”), a los del viejo mundo (cercopitécidos) y a todos los antropomorfos (Figura 1). El antepasado común de los homínidos y los antropomorfos, era en ciertos aspectos, más similar a los primeros que a los últimos. Dirá Ameghino en esta obra “*No es el hombre el que se presenta como un mono perfeccionado, sino, al contrario, son los monos los que aparecen como hombres bestializados.*” (en Torcelli, 1934b, p. 559). Aunque no figuren en el correspondiente diagrama filogenético (Torcelli, 1934b, p. 567), el hombre de Neanderthal (*Homo primigenius*) y el *Pithecanthropus erectus* correspondían también a formas degeneradas divergentes (Torcelli, 1934b, p. 559). En ese mismo trabajo, Ameghino se refiere al proceso de bestialización en un contexto paleobiogeográfico: las formas bestializadas se habrían originado a partir de un grupo de homínidos primitivos que habrían pasado al África, junto a los “cercopitecideos”, durante el límite Oligoceno-Mioceno (Torcelli, 1934b, p. 565).

En “Las cuestiones concernientes al origen de los hominidos”, Ameghino ampliará esta idea, e incluirá a las razas humanas inferiores:

Esta primera emigración de los homínidos dio origen a las razas humanas inferiores (Homo ater, Pithecanthropus) y a los monos Antropomorfos. (Torcelli, 1935, p. 971).

En su trabajo de 1907 “Notas preliminares del *Tetraprothomo argentinus*: un precursor del hombre del Mioceno Superior de Monte Hermoso” (Torcelli, 1934a) mantiene básicamente el esquema antropogenético de “Las Formaciones Sedimentarias del Cretácico Superior y del Terciario de Patagonia”. En su esquema evolutivo (Torcelli, 1934a:272), se observa una serie de líneas laterales que se han bestializado sucesivamente y en épocas distintas de la línea principal que va desde los *clenialitidos* al hombre, se desprenden los cercopitécidos (a partir de *Clenialitidae* y *Homuncultes*),

los monos del nuevo mundo (se desprenden de *Pitheculites*) y, finalmente, los antropomorfos en tres diferentes momentos. En primer lugar, la rama que dará origen a *Gorilla* y *Anthropopithecus*, luego la que dará origen a *Simia*, y por último la que originará a *Hylobates*. Si se toma en cuenta este nuevo esquema antropogenético, la hipótesis paleobiogeográfica de 1906 sólo podría admitirse de aceptarse que el hombre evolucionó independientemente en el nuevo y el viejo mundo, posibilidad que Ameghino había contemplado en 1906 (Torcelli 1934b, p. 565).

En 1909, en ocasión de su obra “El *Diprothomo platensis*: un precursor del hombre del Plioceno inferior de Buenos Aires” (Torcelli, 1934a) se presentan dos nuevas evidencias importantes, el hallazgo de *Diprothomo platensis*, que da motivo a la publicación, y el hallazgo de la mandíbula de Mauer (*Homo (pseudhomo) heidelbergensis*). Según Ameghino, el *Diprothomo platensis* corresponde a la línea principal, *Pseudhomo heidelbergensis*, a una rama bestializada, más bestializada que *Pithecanthropus* (Torcelli, 1934b, p. 705) (Figura 2).

Como se puede ver, a esta altura, la bestialización era un proceso que caracterizaba a numerosos grupos, que habría afectado incluso al grupo de los homínidos, es decir, a la rama que conducía a la humanización. Ameghino seguramente ya especulaba con la posibilidad de que la humanidad (o al menos parte de ella) pudiera bestializarse en el futuro. En “Nota preliminar sobre *Tetraprothomo argentinus*” (Torcelli, 1934a, p. 262), Ameghino menciona:

Aunque muy raramente, suele observarse en algunos cráneos humanos la cresta metóptica en una forma muy poco desarrollada, pero es claro que no se trata de un carácter atávico sino de casos individuales de un principio de bestialización.

En su obra trunca “Las cuestiones concernientes al origen de los hominidos”, Ameghino insiste sobre ese riesgo:

La bestialización puede producirse en cualquier grado de la raza, tanto en una superior como en una inferior. (en Torcelli, 1935, p. 963)

Ahora bien ¿Es, verdaderamente la bestialización un proceso degenerativo, es decir, puede entenderse como una evolución hacia una forma inferior? Esta claro en el párrafo de “Filogenia” que transcribimos (Torcelli, 1915, p. 287) que el proceso era negativo, “fatal para la vida de las especies”. Sin embargo, en esa misma obra, Ameghino se pronuncia contra esa misma fatalidad, mencionando la posibilidad de que el cerebro continúe complicándose, aún cuando el crecimiento en tamaño se halle estancado:

Cuando el proceso de osificación ha tomado la delantera (con relación al aumento del tamaño cerebral), las paredes óseas del cráneo forman una barrera insuperable al desarrollo del cerebro, que cesa en su crecimiento. Esto no quiere decir, sin embargo, que ya no pueda aumentar su potencia intelectual, pues por más que ésta

esté en relación con el tamaño del cerebro, puede concebirse fácilmente que si éste no puede aumentar en cantidad, puede presentarse el caso de que mejore en calidad. (en Torcelli, 1915, p. 336)

En “El *Diprothomo platensis*: un precursor del hombre del Plioceno inferior de Buenos Aires”, de 1909, nuevamente evita referirse a la bestialización como una simple degeneración:

El desarrollo de los rebordes es un carácter de bestialización adquirido secundariamente para proteger a la vista de los reflejos de los rayos solares sobre la nieve o sobre la arena. Es el resultado de la continua tracción de los músculos frontales y superciliares por el continuo fruncimiento de las cejas.

Y seguidamente:

...los rebordes superiores del H. Primigenius constituyen un carácter de bestialización de la más alta especialización. (en Torcelli, 1934a, p. 691)

En su obra trunca “El *Diprothomo* en el concepto de Schwalbe y en el mío” (Torcelli, 1935), continuaba reflexionando sobre este asunto. Al parecer, un carácter inicialmente adaptativo (como la visera) podía efectivamente contribuir al estancamiento de la evolución:

La formación de los burreletes impide la retrogradación y desaparición de la visera, y por consecuencia, el desarrollo del cerebro hacia adelante, y eso conduce necesariamente a la extinción de los tipos que presentan tal conformación. (en Torcelli, 1935, p. 701)

Se pretende establecer aquí que la bestialización no es completamente independiente de la evolución adaptativa. Es posible que Ameghino estuviera dándole crédito a aquellas hipótesis según las cuales los Neandertales (formas bestializadas, para él) eran el resultado de un proceso de adaptación al ambiente glacial (Bowler, 1986). Al respecto, Ameghino entiende que los “burreletes” son adquiridos como una adaptación a la visión en los suelos congelados:

Se dice que los groenlandeses o esquimales no tienen arcos superciliares o burreletes, a pesar de vivir en terrenos helados, etc.; pero hay que tener presente que atenúan con lentes los rayos solares reflejados, y además son nuevos pobladores de las regiones que habitan, de manera que todavía no ha habido tiempo material para que se produzca esa modificación. (en Torcelli, 1935, p. 700).

En definitiva, de acuerdo con estas ideas inéditas de Ameghino (y contrariamente a lo especificado por el sabio en obras anteriores), la bestialización, al menos en

ciertos homínidos, parece haberse producido por la aparición de los “burreletes”. De cualquier modo, estaba claro que los “burreletes” y la “viscera” no eran caracteres simiescos (primitivos), sino adquiridos (derivados).

Ingenieros (1919, p. 149), sin demorarse en estas cuestiones, trata a la bestialización y la degeneración como sinónimos:

(los monos antropomorfos) *son simplemente nuestros hermanos degenerados o bestializados.*

(Ameghino) *considera que (los antropomorfos) han sufrido una regresión involutiva, como ocurre en otras muchísimas especies que no pueden adaptarse a las variaciones del medio en que viven. Son pues, los parientes más próximos al hombre, pero parientes degenerados.*

Desde el punto de vista del desarrollo, la bestialización ameghiniana constituye un proceso evolutivo aditivo, producido por la incorporación de etapas terminales a la ontogenia del ancestro; no hay entonces “regresión involutiva”, como entiende Ingenieros. Utilizando la terminología moderna, la bestialización constituye un proceso *peramórfico*, no *pedomórfico* (Gould, 1977; McKinney y McNamara, 1991). En este sentido, no hay involución ni regresión, sino sólo una evolución hacia un estado evolutivo inferior, de manera tal que la ontogenia de la forma bestializada contiene etapas correspondientes al ancestro no bestializado.

La posición de Ameghino sobre la Teoría de la Recapitulación o Ley Biogenética Fundamental de Ernst Haeckel (“la *ontogenia* recapitula la *filogenia*”) es contradictoria a lo largo de su obra (Salgado y Azar, 1998). En el caso específico del hombre, si bien Ameghino reconoció que ciertos caracteres humanos habían evolucionado por retardación o *teleogenia*, echó mano a la Recapitulación a la hora de teorizar sobre la ascendencia del hombre. Ameghino comprendió que la ontogenia humana no incluía ninguna etapa-antropomorfo, en tanto que vio que los simios atravesaban una etapa muy similar al hombre adulto (cita). En efecto, Ameghino advirtió que los actuales chimpancés mostraban, en una etapa temprana de su desarrollo distintos caracteres humanos: un mentón, un cráneo abovedado, etc. (Torcelli, 1934a, p. 673) También el *Saimiri*, de todos los primates exceptuando a los homínidos, el menos bestializado de acuerdo a Ameghino, presentaba en una etapa juvenil, un cráneo de un contorno similar al humano (Torcelli, 1934a, p. 661). A su vez, los microcéfalos humanos (afectados por un detenimiento del desarrollo del cráneo) no reproducían los caracteres de los antropomorfos, sino del *Homo pampaeus*, un supuesto antepasado del *Homo sapiens* (Torcelli, 1934a, p. 681). La aplicación de la ley Biogenética al caso de la evolución humana, explica de algún modo, la necesidad de Ameghino de contar con una teoría degenerativa que explicara el origen de los antropomorfos a partir de los hominidios primitivos. Otra posibilidad hubiese sido dar vuelta la ecuación y considerar que el *Homo sapiens* había evolucionado de algún antropomorfo extinguido, por una

retardación del desarrollo (no por la adición terminal de nuevas etapas ontogenéticas), idea que ganará popularidad a partir de 1920 (Bowler, 1986).

De acuerdo a la interpretación de Ameghino, los caracteres de bestialización o simiescos no podían corresponder a caracteres ancestrales. El cráneo bestializado de Neanderthal, no podía reaparecer en forma de atavismos. En “El *Diprotomo* en el concepto de Schwalbe y el mío”, Ameghino se refiere a este punto:

Se habla a menudo de la reaparición esporádica o por atavismo del tipo Neanderthal, pero únicamente en lo que se refiere al cráneo. Nunca he oído decir que esa reaparición esté acompañada por una mandíbula del mismo tipo que la de Spy. Luego, la tal reaparición es una ilusión. (en Torcelli, 1935: 700)

En “Las cuestiones concernientes al origen de los hominidos” Ameghino insiste:

Y por consecuencia, interpreto esos cráneos recientes que presentan caracteres de Neanderthal, no como sobrevivientes, parientes o reversiones atávicas hacia ese antiguo tipo desaparecido, sino como una simple repetición de la misma evolución bestializadora que en una época pasada produjo el tipo de Neanderthal. Y estos tipos morfológicos intermedios no son de naturaleza tal que pruebe que Neanderthal es de especie sapiens. (en Torcelli, 1935, p. 933)

El proceso de la heterocronía había sido propuesto por Haeckel como una excepción a la Recapitulación (Gould, 1977). En la bestialización, sin embargo, el desacoplamiento implicado por la heterocronía se producía, al parecer, a partir de la etapa ontogenética terminal del ancestro, de esta manera, la ontogenia de la forma bestializada (afectada por la heterocronía) lograba efectivamente reproducir su propia historia filogenética, conteniendo a la etapa adulta del ancestro. En este sentido, la bestialización ameghiniana no se corresponde *estrictamente* con la heterocronía haeckeliana.

Su opinión, dada a conocer por primera vez en “Las Formaciones sedimentarias de Patagonia”, de que el hombre de Neanderthal no era un ancestro directo del hombre moderno sino una línea lateral bestializada, no era aceptada en ese entonces por la mayoría de los antropólogos. comienzan a sostener la hipótesis contraria. A partir de 1909 Marcelin Boule y posiblemente Gustav Schwalbe, a pesar de negarles el *status* de ancestros, aún reconocían que los neanderthales eran sobrevivientes de un tipo primitivo (Bowler, 1986:83), no ramas laterales degeneradas.

Los caracteres de bestialización que, según Ameghino, se presentaban en diferentes grupos (Antropomorfos, *Pithecanthropus*, *Pseudhomo heidelbergensis*, Neanderthal, etc), no demostraban la existencia de un antepasado común bestializado, sino que se debían a un caso notable de paralelismo. Así lo explica en “Las cuestiones concernientes al origen de los hominidos”:

Si muchos tipos distintos pueden adquirir una semejanza morfológica parecida por una evolución paralela o convergente, otros pueden adquirir la misma semejanza por una evolución regresiva o por una bestialización. (en Torcelli, 1935, p. 933).

Su teoría de la bestialización parece explicar las raíces del comportamiento agresivo de los humanos. De acuerdo a otras teorías, la agresividad (manifestada en forma de una conducta criminal violenta) era causada por un detenimiento del desarrollo que liberaba los instintos de los antepasados antropomorfos. Por el contrario, para Ameghino, la agresividad era adquirida, un rasgo de bestialización. Se trata de un rasgo adquirido por bestialización, como lo explica en “Las cuestiones concernientes al origen de los hominidos” (en Torcelli, 1935, p. 966):

...Los Antropomorfos son mansos, dulces, y tratables de jóvenes. Al avanzar la edad se bestializan, haciéndose huraños, malos, feroces, etc. La ferocidad que demuestran el Gorila, el Orangután, etc. cuando son adultos y la bondad y el trato agradable que tienen cuando son jóvenes, demuestra que lo primero es en ellos un carácter que está en vías de reincorporación.

CONCLUSION

Es probable que en un comienzo la teoría de la bestialización haya sido concebida ante la necesidad de explicar la existencia de formas de aspecto aberrante, como el gorila y algunos otros mamíferos. En “Filogenia” (Torcelli, 1915), y de acuerdo a su esquema antropogenético, Ameghino da a entender que los hombres habrían evolucionado a partir de algún antropoide extinguido, posiblemente, alguna forma cercana a los gibones, no a los gorilas. Sin embargo, la aplicación de la Ley Biogenética y el hallazgo de ciertos fósiles patagónicos que, según Ameghino, estarían en la línea ascendiente del hombre, hizo luego necesaria una teoría degenerativa (en este caso la bestialización), que diera cuenta del origen de los antropomorfos fuera de Sudamérica. Más tarde generalizó su mecanismo degenerativo a una variedad de homínidos, tal vez apremiado por la necesidad de sostener su modelo, a la luz de los nuevos descubrimientos de fósiles humanos que se iban produciendo en otras partes del mundo, particularmente en Asia y Europa. Posiblemente, este modelo antropogenético, basado en el permanente desprendimiento de ramas laterales degeneradas, haya llevado a Ameghino a meditar sobre el futuro de la especie humana, en el marco de lo que ya comenzaba a llegar desde Europa: el miedo a la degeneración. En efecto, sus escritos póstumos y trancos abundan en referencias a la degeneración y a las posibilidades que tiene el hombre de corregir su propia dirección evolutiva. En este sentido, la visión de Ameghino acerca del futuro de nuestra especie no es absolutamente pesimista. Si bien los procesos degenerativos tienden a degradar la raza, el desarrollo en las investigaciones científicas, en especial aquellas vinculadas con su propia disciplina, permitiría al hombre anular esas tendencias, mediante una disciplina eugenésica.

La humanidad tiene el derecho, debe tener el derecho de dirigir su evolución. Y para ello es menester que conozca las leyes de la evolución y de la adaptación para poder dominarlas o colocarse en su corriente, a fin de adaptarse a las futuras condiciones del globo. (en Torcelli, 1935, p. 539)

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a Pedro Navarro Floria e Irina Podgorny por la lectura del manuscrito y las útiles recomendaciones. Este trabajo se enmarca en el Proyecto 04-059 financiado por la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional del Comahue.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AMEGHINO, A. La acción del Estado en el mejoramiento de la raza. *Revista de Criminología, Psiquiatría y Medicina Legal* XXII, Buenos Aires, 1935.
- BOWLER, P. J. E. W. MacBride's Lamarckian Eugenics and its Implications for the Social Construction of Scientific Knowledge. *Annals of Science*, n. 41, p. 245-260, 1984.
- . *El Eclipse del Darwinismo*. Barcelona: Labor Universitaria, 1985.
- . *Theories of Human Evolution*. A century of debate, 1844-1944. The Johns Hopkins University Press, 1986. 318p.
- . Holding your head up high: Degeneration and Orthogenesis in theories of human evolution. History. En MOORE, R. (ed.). *Humanity and Evolution*, p. 329-353, 1989.
- . *Life's Splendid Drama*. The University of Chicago Press, 1996, 525p.
- CHAMBERS, R. *Vestiges of the Natural History of Creation And other Evolutionary Writings*. The University of Chicago Press, 1994, 254p.
- DOBZHANSKY, T.; AYALA, F. J.; STEBBINS, G. L. y VALENTINE, J. W. *Evolución*, Barcelona, 1983, 558p.
- GOULD, S. J. *Ontogeny and Phylogeny*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1977.
- INGENIEROS, J. *Las Doctrinas de Ameghino*. Buenos Aires: L.J. Rosso y Cía.
- MCKINNEY, M. L. y MCNAMARA, K. J. *Heterochrony. The Evolution of Ontogeny*. Plenum Press, 1991.
- MORTON, P. *The Vital Science; Biology and the Literary Imagination, 1860-1900*. London: Allen and Unwin, 1984.
- OLIVEIRA, D. L. de. Polémicas Recorrentes na Síntese Evolutiva. *Episteme*, v. 3, n. 6, p. 52-67, 1998.
- OSPOVAT, D. *The Development of Darwin's Theory*. Cambridge University Press, 1981. 301p.
- SALGADO, L. Y AZAR, P. F. Evolución y Desarrollo en el pensamiento de Florentino Ameghino. *Saber y Tiempo*, v. 5, n. 2, p. 33-48, 1998.
- SIMPSON, G. G. *El Sentido de la Evolución*. Eudeba, 1984. 320p.
- SPENCER, H. *Ensayos científicos*. Madrid: Daniel Jorro, 1908. 348p.
- SUÁREZ, J. L. Eugénica. Necesidad de su enseñanza y divulgación. *Revista de la Universidad de Buenos Aires*. XXIV II Serie, VI. III, n. 9, p. 398-425, 1928.
- TERÁN, O. *Positivismo y Nación en la Argentina*. Puntosur, 1987. 204p.

- TORCELLI, A. J. *Obras Completas y Correspondencia científica de Florentino Ameghino*. v. IV. *Zoología Matemática*. La Plata: Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, 1915.
- . *Obras Completas y Correspondencia científica de Florentino Ameghino*. v. XVII. *El Tetraprothomo y el Diprothomo*. La Plata: Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, 1934a.
- . *Obras Completas y Correspondencia científica de Florentino Ameghino*. v. XVI. *Formaciones Sedimentarias de Patagonia*. La Plata: Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, 1934b.
- . *Obras completas y correspondencia científica de Florentino Ameghino*. v. XIX. *Obras póstumas y truncas*. La Plata: Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, 1935.
- Vezzetti, H. *La locura en la Argentina*. Buenos Aires: Folios, 1983.

ANEXOS

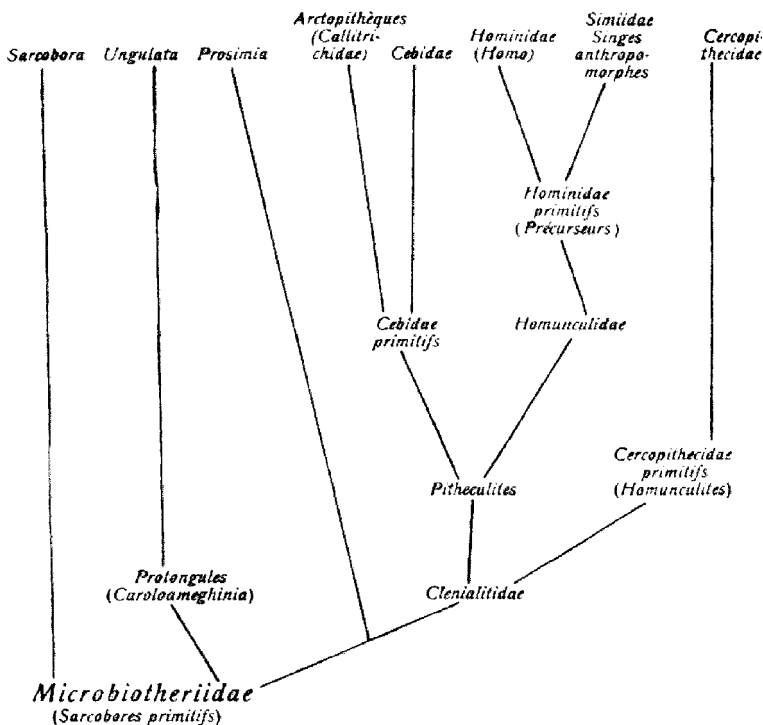


FIGURA 1: Esquema antropogenético de Ameghino contenido en “Las Formaciones Sedimentarias del Cretácico Superior y del Terciario de Patagonia, con un paralelo entre sus faunas mastológicas y las del antiguo continente” de 1906.

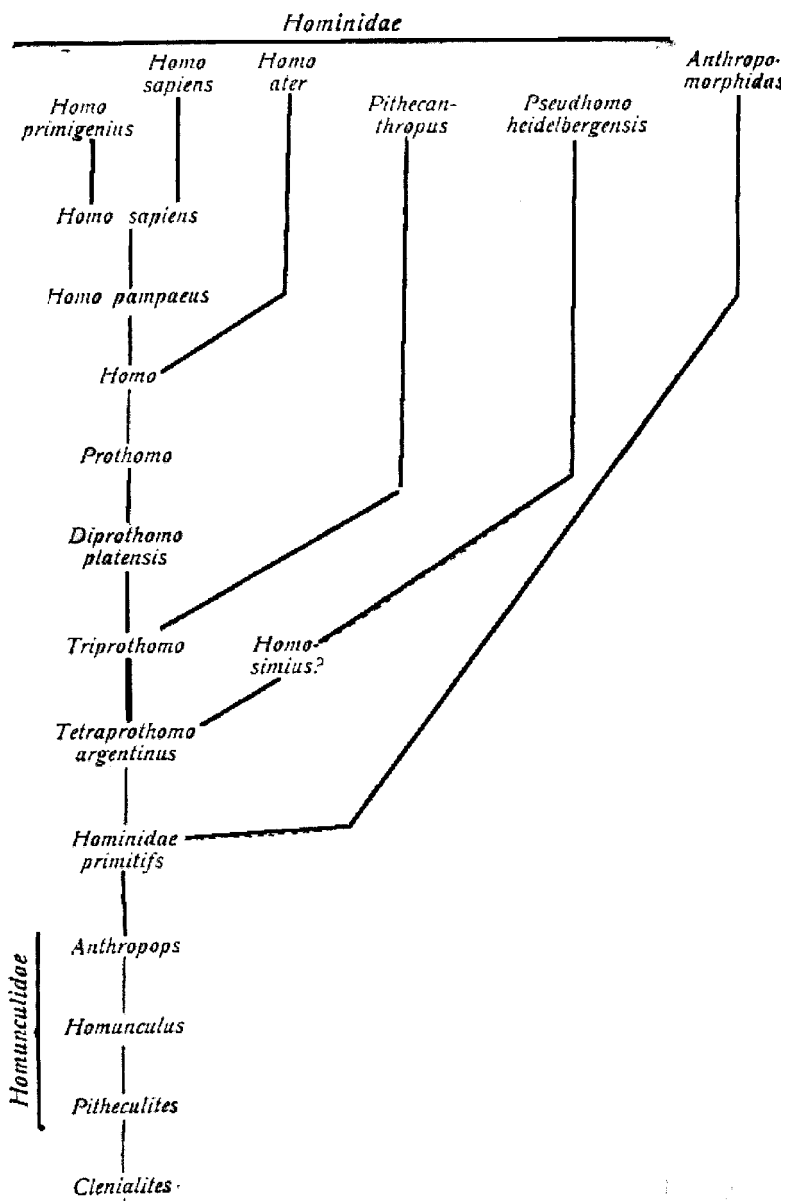


FIGURA 2: Esquema antropogenético de Ameghino contenido en su obra "El *Diprothomo platensis*: un precursor del hombre del Plioceno inferior de Buenos Aires", de 1909.

UM MATEMÁTICO PORTUGUÊS NO BRASIL: FRANCISCO DE BORJA GARÇÃO STOCKLER E O *METHODO INVERSO DOS LIMITES, OU DESENVOLVIMENTO GERAL DAS FUNÇÕES ALGORITHMICAS* (1818-1824)

Luis M. R. Saraiva*

RESUMO

Francisco de Borja Garção Stockler (1759-1829) é um dos mais notáveis matemáticos portugueses de fins do século XVIII e inícios do século XIX. A sua investigação matemática foi desde muito cedo orientada para uma procura de fundamentação rigorosa da Análise a partir da teoria dos limites. O objectivo deste artigo é dar elementos sobre o seu último texto matemático, o *Methodo Inverso dos Limites, ou Desenvolvimento Geral das Funções Algorithmicas* (1824), (começado a escrever no período em que Stockler viveu no Brasil), contextualizando a sua produção no conjunto da obra deste matemático, mostrando como ele utiliza resultados obtidos e conceitos definidos em obras suas anteriores, e por fim exemplificando o seu raciocínio analítico, mostrando como procede para obter a chamada fórmula de Taylor.

Palavras-chave: Matemática portuguesa; análise; teoria dos limites; século XIX.

A PORTUGUESE MATHEMATICIAN IN BRAZIL: FRANCISCO DE BORJA GARÇÃO STOCKLER E O *METHODO INVERSO DOS LIMITES, OU DESENVOLVIMENTO GERAL DAS FUNÇÕES ALGORITHMICAS* (1818-1824)

Francisco de Borja Garção Stockler (1759-1829) was one of the most distinguished Portuguese mathematicians of the late 18th and early 19th centuries. From very early in his career, he attempted to use the theory of limits for a rigorous foundation of Mathematical Analysis. The aim of this paper is to give some information on his last Mathematics paper, *Methodo Inverso dos Limites, ou Desenvolvimento Geral das Funções Algorithmicas* (1824) - which Stockler began while still living in Brazil - and to set its production within the framework of this mathematician's entire body of work, showing how he uses results obtained and concepts defined in previous works of his. Finally, as an example of his analytical reasoning, it is shown how he obtains the Taylor formula.

Key words: Portuguese mathematics; analysis; limits theory; XIXth century.

*CMAF/Universidade de Lisboa, Av. Professor Gama Pinto, 2 1649-003 Lisboa, Portugal. E-mail: mmff5@lmc.fc.ul.pt

INTRODUÇÃO: A MATEMÁTICA EM PORTUGAL EM FINS DO SÉCULO XVIII E INÍCIOS DO SÉCULO XIX

A reforma de 1772 da Universidade Portuguesa (então situada em Coimbra), a primeira a ocorrer em Portugal desde 1612, pretendeu colocar o país ao nível do que se fazia nas universidades das nações cultas da Europa do seu tempo. O Marquês de Pombal, o Primeiro- Ministro do rei D. José, foi a força por detrás desta imensa reforma. O espírito orientador era de renovação total dos conteúdos ensinados e dos modos como estes eram transmitidos: rompia-se com a tradição escolástico-peripatética do ensino, preconizava-se uma ligação real entre teoria e prática. Com essa finalidade foram criados Laboratórios de Física e Química, o Observatório Astronómico, o Teatro Anatómico, o Hospital Escolar. Foi igualmente criada a Faculdade de Matemática, e chamados para o seu corpo docente, além de dois professores italianos (Ciera e Franzini), dois portugueses: José Anastácio da Cunha (1744-1787), que se veio a notabilizar pelos seus trabalhos em Análise e em Mecânica, e José Monteiro da Rocha (1734-1819), que foi essencialmente um astrónomo.

Contudo esta renovação não durou muito tempo: em 1777 morreu o rei D. José, o Marquês de Pombal foi afastado, e as forças que ele tanto tinha combatido voltaram aos centros de decisão. Muitas figuras de prestígio foram perseguidas pelas suas ideias. Uma delas foi José Anastácio da Cunha, que foi preso e expulso da Universidade em 1778. Monteiro da Rocha não foi afectado por esta agitação política, e a diferença de destinos destas duas individualidades vai-se de certo modo reflectir na produção matemática em Portugal nas primeiras décadas do século XIX: houve um maior volume de produção científica na área da Matemática Aplicada do que na da Matemática Pura. Em 1779 foi fundada a Academia das Ciências de Lisboa, em cujas *Memórias* foi publicada a esmagadora maioria dos artigos matemáticos portugueses da primeira metade do século XIX. No mesmo ano foi também criada a Academia Real de Marinha, em Lisboa, a mais importante instituição militar no que diz respeito à Matemática, pois a maioria dos matemáticos portugueses de vulto do século XIX (incluindo Stockler), nalgum momento das suas vidas, pertenceu aos seus quadros docentes.

FRANCISCO DE BORJA GARÇÃO STOCKLER: VIDA E OBRA

Francisco de Borja Garção Stockler (1759-1829) é o mais distinto matemático português do início do século XIX, exemplo de actividade intelectual multifacetada dos homens cultos da sua época. Para além de matemático e académico, foi militar de carreira, político, pedagogo, poeta e historiador.¹ Stockler começa a sua carreira militar muito cedo, com dezasseis anos incompletos, no Regimento de Infantaria n°

¹Para uma perspectiva mais completa sobre Stockler, ver [Saraiva, 1993].

11, onde assenta praça a 2 de Julho de 1775. Irá sendo sucessivamente promovido até ao posto de Brigadeiro efectivo de Infantaria (decreto de 24 de Junho de 1807). Em 1784 é aluno em Coimbra da Faculdade de Matemática (época em que é cadete no Regimento de Cavalaria nº 4), já sem Anastácio da Cunha nos seus quadros docentes. E, se bem que pareça ter tomado o partido de Monteiro da Rocha na polémica que opôs este a José Anastácio, não há qualquer dúvida que reconheceu em da Cunha um matemático cuja importância transcendia os limites nacionais. De tal modo que, quando escreveu o seu precursor *Ensaio Historico sobre as Origens e Progressos das Mathematicas em Portugal* (1819) (a primeira História da Matemática num só país a ser publicada no Ocidente), e apesar de, no período que se propõe abordar (das origens da nacionalidade até à fundação da Academia das Ciências) Anastácio não ter qualquer escrito publicado, Stockler sentiu-se obrigado a escrever um extensa nota de seis páginas sobre ele (uma vez que o não podia incluir no texto principal), sendo assim, a seguir a Pedro Nunes, o matemático de quem Stockler mais detalhadamente fala nesta obra. Em 1787 é admitido como sócio da Academia Real das Ciências de Lisboa, vindo a ser nomeado seu Secretário em 1799. Em 1794, sendo então Sargento-Mor do Regimento de Artilharia da Corte, a Academia publica o seu primeiro livro, o *Compendio da Theorica dos Limites*. Em 1797, no Volume I das *Memórias* da Academia, é publicado a sua *Memoria sobre os verdadeiros Principios do Methodo das Fluxões*, a propósito da qual em 1799 e 1800 travará uma polémica com os editores da revista de Edinburgo *Monthly Review*. Em 1799 o Volume II das *Memórias* da Academia inclui mais três artigos seus. Em 1805 sai o Tomo I das suas *Obras*, que inclui discursos pronunciados enquanto Secretário da Academia, mas não contém artigos matemáticos. Em 1808, quando Junot, comandantes das forças da Primeira Invasão Francesa, é eleito sócio honorário da Academia das Ciências, é Stockler que, enquanto Secretário da Academia, lhe faz o discurso de boas vindas. Este momento é decisivo na vida de Stockler, vai-lhe criar imensas dificuldades, entre as quais a sua demissão de Professor da Academia Real de Marinha e a reforma em Marechal de Campo (Portaria do Governo do Reino de 22 de Outubro de 1810), numa altura que era (desde 24 de Junho de 1807) Brigadeiro efectivo de Infantaria. Apesar de Stockler mais tarde argumentar que fizera o discurso por inerência do seu cargo e não por vontade própria, e que haveria outra leitura a ser feita nas entrelinhas,² o certo é que a sua relação com a Academia passou a ser conflitual.³ Stockler deslocou-se ao Brasil, e vê publicada no Rio de Janeiro, em 1813, a sua *Carta ao auctor da « Historia geral das Invasões dos Francezes em Portugal »*, cuja publicação a Academia tinha recusado. Em 1815 consegue a anulação da sua passagem compulsiva à Reserva, tendo então sido promovido em Marechal de Campo efectivo

²Ver o texto do discurso de Stockler em [Anónimo, 1808]; ver também [Saraiva, 1992], onde o discurso está parcialmente transcrito.

³Em 1824, na sequência de uma terceira recusa da Academia em publicar um trabalho seu, exactamente o *Methodo Inverso dos Limites*, Stockler demitiu-se de Sócio desta instituição..

(por Decreto de 22 de Julho de 1815). No mesmo ano é nomeado para a Junta da Direcção da Academia Real Militar do Rio de Janeiro, cargo em que se vai manter até 1820. Em 1816 é encarregue de escrever um Plano para a Instrução Pública no Brasil (com excepção das chamadas Ciências Eclesiásticas), a exemplo do que já se lhe tinha pedido para Portugal (e que a Academia tinha recusado), o que conclui em 1821, mas que nunca vem a ser discutido com vista a uma eventual aprovação.⁴ Em 1818 é promovido a Tenente-General (Decreto de 7 de Fevereiro de 1818) e começa a escrita da sua última obra matemática, o *Methodo Inverso dos Limites*.

Stockler é promovido a Tenente-General efectivo por Decreto de 22 de Novembro de 1819, e regressa a Portugal no ano seguinte. Em 1826 sai o Tomo II das suas *Obras*, o qual, tal como o Tomo I, não contém textos matemáticos. Vem a falecer em 1829.

UMA TENTATIVA DE FUNDAMENTAR A ANÁLISE A PARTIR DA TEORIA DOS LIMITES

Ao contrário do que era habitual nos matemáticos continentais seus contemporâneos, que optaram por seguir a perspectiva leibniziana, Stockler pretendeu fundamentar a Análise a partir duma teoria dos limites. Considerava que a generalização feita da noção de limite podia ser utilizada não só na Geometria mas também na Análise e na Mecânica. Na sua perspectiva, embora essa utilização tivesse levado a bons resultados, não tinha havido a preocupação de uma fundamentação rigorosa dos resultados obtidos. Stockler propunha-se utilizar o raciocínio demonstrativo da Matemática Grega na construção duma teoria dos limites livre do que considerava serem as imprecisões dos matemáticos do seu tempo. Deste modo, combinaria o rigor da Matemática Grega com o que de mais inovador havia na Análise, evitando as fraquezas de cada uma: as demonstrações indirectas no caso da primeira, a falta de rigor dedutivo no caso da segunda. Este projecto de trabalho foi logo definido por Stockler na sua primeira obra, o *Compendio da Theorica dos Limites*, e estruturou toda a sua actividade matemática posterior. Podemos ler no *Discurso Preliminar* desse seu texto :

[...] o methodo dos limites, tal qual por elle,⁵ e pelos outros Geometras Gregos nos foi transmittido, tinha o grande defeito de nos não dar demonstraçaõ alguma directa, conduzindo-nos a admittir as verdades, que por meio d'elle nos demonstravaõ, não como consequencias deduzidas de principios anteriormente estabelecidos, mas sim como os unicos meios de evitar consequencias manifestamente absurdas. Os Geometras modernos [...], cujos trabalhos tanta honra fazem ao espirito humano, mais attentos pela maior parte a accelerar os progressos das Mathematicas de que

⁴A este propósito ver [Saraiva, 1997].

⁵Aqui refere-se a Arquimedes.

a aperfeiçoar o instrumento com que nellas trabalhavaõ, cansados de seguir a marcha vagarosa, e deficit, a que os sugitava o methodo dos Antigos, se resolveraõ a introduzir nestas Sciencias as noções imperfeitas, ou antes repugnantes, de Infinitos, e Infinitesimos, que por hum modo maravilhoso os dispensava de mil raciocinios complicados em todas as questoes mais delicadas. Nao desconhecendo porem a inexactidaõ dos principios, que de semelhantes ideas haviam derivado, nao ousavaõ nos primeiros tempos adiantar hum so passo, sem recorrerem cautelosos, para o firmarem com segurança, ao mesmo methodo que pretendiam proscrever [...] maravilhados dos rapidos progressos, que faziaõ, perderam totalmente de vista o seu primeiro estado de vacilação, e se descuidáraõ de nos darem huma Theorica exacta do methodo dos limites, e principalmente de o reduzirem a nao carecer de demonstrações indirectas .⁶

Stockler explicita o tipo de rigor que pretende, afirmando que todas as verdades que nao são só de simples intuição sao capazes de demonstração directa (p. VI), bem como salienta a importância da organização formal do texto escrito, mencionando que os teoremas devem decorrer uns dos outros de forma tao clara e imediata que na ordem em que se acham dispostos quase tragam a sua demonstração no seu próprio enunciado (p. VII-VIII). Stockler enuncia o objectivo do seu livro :

Desenvolver pois o methodo dos limites, deduzindo da definição de limite os principios, e proposições fundamentaes d'elle : unir na sua demonstração, conduzida sempre pelo modo mais directo, todo o rigor dos Geometras antigos, com a facilidade e a elegancia dos modernos; e estabelecer assim os verdadeiros fundamentos das Mathematicas sublimes sobre os principios mais seguros, simplicies, e luminosos, eis-aqui qual foi o meu objecto na composição deste pequeno Compendio .⁷

Stockler retoma, portanto, a posição dos Enciclopedistas, para os quais a noção de limite estava na base do Cálculo Diferencial : «La théorie des limites est la base de la vraie Métaphysique du calcul différentiel » (Encyclopédie Méthodique, Mathématiques, volume 2, artigo « limite », 1785, p. 310).

O COMPENDIO DA THEORICA DOS LIMITES, OU INTRODUCCÃO AO METHODO DAS FLUXÕES (1794)

Esta obra compõe-se de um *Discurso Preliminar*, de 14 páginas, onde se contextualizam as intenções do livro em função da situação da Matemática no fim do

⁶Stockler, 1794, p. II-V.

⁷Idem, p. VIII-IX.

século XVIII ; de um capítulo de *Definições*, de duas páginas, e onde se definem as noções elementares relativas ao conceito de limite;⁸ e de quatro *secções* :

Secção I- *Das Quantidades que nao tem limite ou seja em deminuição ou em augmento* (isto é, em terminologia actual, sobre variáveis que, ou tendem para zero, ou tendem para infinito), com 26 teoremas, e ocupando 25 páginas ;

Secção II- *Das Quantidades capazes de limite ou seja em augmento ou seja em deminuição* (isto é, sobre variáveis com limite finito diferente de zero), com um Princípio Fundamental e 25 teoremas, com 48 páginas ;

Secção III- *Do circulo e dos seus arcos considerados no primeiro quadrante, e das linhas trigonometricas a elle relativas*, com tres Princípios Fundamentais, um Lema e nove teoremas , com 12 páginas ;

Finalmente : Secção IV- *Do desenvolvimento em serie de algumas funcções transcendentess*, com seis Problemas e 13 páginas.

Temos a notar que Stockler, ao contrário do que cuidadosamente faz para as noções elementares, não define as noções de logaritmo, exponencial, seno, coseno, etc, pressupõe-nas conhecidas, bem como as suas propriedades e outras fórmulas como a do desenvolvimento binomial.

Quanto ao seu procedimento, temos a observar que ha um efectivo rigor na obtenção dos limites das fórmulas algébricas, mas há dificuldades quando há manipulação de somas infinitas, apesar de se diferenciar entre igualdades formais e igualdades reais. Em particular Stockler comete dois erros básicos: supõe que todas as funções sao contínuas, e que existe sempre limite de uma expressão, no caso de se obter uma indeterminação ela é apenas aparente, derivada de não se terem feito as operações necessárias à sua eliminação; para Stockler a indeterminação denota sempre um erro na ordem das operações praticadas para se obter o resultado pretendido antes da passagem ao limite .

Stockler procura ser conciso e rigoroso, e o seu estilo lembra (e poderá ter sido influenciado por) Anástacio da Cunha, por quem, como já se mencionou atrás, Stockler tinha uma imensa admiração.

As duas primeiras secções compreendem o essencial da sua teoria dos limites. Cada teorema é seguido da sua demonstração, podendo ainda, eventualmente, ser completado por corolários, escólios (isto e, comentários) e advertências (considerações mais genéricas, podendo incidir sobre notações utilizadas, métodos práticos relacionados com o teorema demonstrado, etc).

As Secções III e IV sao aplicação da teoria desenvolvida nas duas primeiras secções à Geometria (Secção III) e à Análise (Secção IV). Mais detalhadamente, na Secção III pretende-se dar demonstrações directas de resultados provados por via indirecta pelos Gregos, como, por exemplo, proposições relativas ao perímetro da

⁸Quantidade constante, quantidade variável, e cinco definições relativas a limites de uma variável.

circunferência e à área do círculo. Para isso demonstra previamente resultados relativos aos limites de funções trigonométricas. Na Secção IV Stockler pretende obter o desenvolvimento em série de potências de varias funções, utilizando para isso a fórmula do desenvolvimento binomial e, no caso das funções trigonométricas, as propriedades das exponenciais de complexos.

O METHODO INVERSO DOS LIMITES, OU DESENVOLVIMENTO GERAL DAS FUNÇÕES ALGORITHMICAS (1824)

Cronologia

Em 1818 Stockler começa no Brasil a escrita do *Methodo inverso dos limites*, baseado em apontamentos seus anteriores a 1794, coligidos então para incluir numa obra sobre Análise Superior. Refere Stockler as suas principais influências:

[...] no anno de 1819, quando na qualidade de Membro e Prezidente interino da Junta da direcção da Academia militar do Rio de Janeiro me via precisado a voltar segunda vez a minha atenção para as Sciencias, que em outros tempos professára, aconteceu que chegassem á minha mão a *Philosophia das Mathematicas* de M. Wronski;⁹ a sua Refutação da *Theoria das Funções analyticas* de M. de Lagrange, e os primeiros oito tomos dos *Annaes das Mathematicas puras e applicadas*, publicados por M. Gergone.¹⁰ A leitura d'estas Obras, á qual com grande avidez me abalancei, excitando em mim a recordação de minhas antigas ideas, me determinou a procurar entre os meus papeis os apontamentos aonde as havia consignado; e a

⁹Józef Maria Hoëné-Wróński (1776-1853). Depois de ter durante alguns anos seguido carreira militar, estuda filosofia em Universidades alemãs de 1797 a 1800; nesse ano fixa-se em Marselha, onde viverá dez anos, trabalhando no Observatório Astronómico e como secretário de uma associação médica local. Em 1810 muda-se para Paris, onde passará o resto da sua vida. Vai aqui desenvolver a sua actividade matemática. Aplicou a sua filosofia à matemática numa série de trabalhos iniciados com *Introduction à la Philosophie des Mathématiques* (1811), que é essencialmente um trabalho de filosofia. Considera as séries de Taylor e de Lagrange demasiado particulares, e sugere a sua «lei absoluta», que nunca irá demonstrar: $F(x) = \sum A_j \square_j(x)$, onde os $\square_j$ eram «funções geradoras» arbitrárias. Os coeficientes eram calculados por determinantes, os quais a partir de 1882 se passaram a chamar wronskianos.

¹⁰Joseph Diaz Gergonne (1771-1859) foi professor na Ecole Centrale de Nîmes de 1795 a 1816, e depois professor na Faculté de Montpellier de 1816 a 1844, primeiro de Astronomia, de 1816 a 1836, e depois de Física. Em 1810 funda os *Annales de Mathématiques Pures et Appliquées*, que vêm preencher uma lacuna, pois não havia revistas de matemática adequadas para fins educacionais. Tornou-se numa revista dedicada a assuntos não-standard, com artigos sobre aplicações pouco comuns. Gergonne escreveu frequentemente nela, ou assinando com o seu nome, ou anonimamente, ou ainda como «um assinante». O último número, o 22, saiu em 1832. Em 1836 Liouville inicia o seu *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*. No Prefácio do primeiro número, apresenta a revista como a sucessora da de Gergonne, apesar do espírito ser claramente diferente, pois a de Liouville desde o início se dedicou à investigação matemática.

dar-lhes o mais amplo desenvolvimento que as circunstâncias do tempo, e a minha fraca saúde, já então gravissimamente deteriorada, me permitissem.¹¹

Termina esta escrita em 1819. Regressa a Portugal em 1820 e pede a José Maria Dantas Pereira¹² que submeta o seu trabalho à Academia das Ciências.¹³ Esta nomeia como censores para a sua obra Francisco Vilela Barbosa¹⁴ e João Evangelista Torriani.¹⁵ que emitem parecer contrário à sua aceitação. Então Stockler envia o seu texto para a Royal Society de Londres,¹⁶ com a intenção de o publicar. Em 1823, sob a forma de uma carta a Charles Babbage, sai no *Quarterly Journal of Science*,¹⁷ de Londres, um resumo e uma crítica, em que se colocam algumas reservas a alguns procedimentos técnicos utilizados, ao primeiro capítulo da obra de Stockler. No ano seguinte Stockler publica a obra em Lisboa. Em 1827 sai no *Bulletin Universel des Sciences et de l'Industrie*, lançado em 1823 pelo Barão de Ferrusac com o nome *Bulletin général et universel des annonces et des nouvelles scientifiques*, um recensão algo positiva, que conclui do seguinte modo:

Il est curieux de voir un Traité des fonctions, composé par un habile géomètre de Rio-de-Janeiro, et imprimé à Lisbonne à une époque de troubles politiques. Nous

¹¹Stockler, 1824, Prefação, p.IV.

¹²José Maria Dantas Pereira (1772-1836): entrou na Armada em 1788. Foi sucessivamente promovido a Guarda-Marinha e Primeiro Tenente. Em 1790 é Professor da Academia Real dos Guarda-Marinhas. E' admitido como Sócio Correspondente da Academia Real das Ciências, passando pouco depois a Sócio Efectivo. Em 1797 é nomeado professor do Infante D. Pedro Carlos. Em 1807 parte para o Brasil. Em 1817 é promovido a Chefe da Esquadra. De 1820 a 1823 é Conselheiro de Estado no Regime Constitucional. De 1823 a 1833 é Secretário da Academia.

¹³Os sócios efectivos da Academia, Classe de Ciências Exactas, em Junho de 1820 são os seguintes : Matheus Valente do Couto, Director da Classe ; Francisco Vilela Barbosa, Vice-Secretário; João Evangelista Torriani, Francisco da Paula Travassos, Francisco Simões Margiochi, Francisco de Borja Garção Stockler, José Maria Dantas Pereira, e João Faustino, (da Congregação do Oratório). Com excepção dos dois últimos, todos os restantes foram, nalgum momento das suas vidas, Professores da Academia Real da Marinha; Valente do Couto e Dantas Pereira foram Professores da Academia Real dos Guarda Marinhas.

¹⁴Francisco Vilela Barbosa (1769-1846), Marquês do Paranaguá, nasceu no Rio de Janeiro. Veio para Portugal em 1787 cursar Direito em Coimbra, mudando depois para Matemática, em que se formou em 1796. Entrou então para a Armada com o posto de Segundo Tenente. Em 1801 é transferido para o Corpo de Engenheiros como 1º Tenente. E' nomeado Lente Substituto da Academia Real da Marinha, e alguns anos mais tarde é promovido a Lente Proprietário, regendo a cadeira do 1º Ano até à sua jubilação em 1822. Em 1821 é eleito deputado às Constituintes. Em 1823 pede a sua demissão de oficial, retirando-se para o Brasil. E' autor de uns *Elementos de Geometria*, publicados pela Academia, e reimpressos no Brasil, e que inclui um *Breve Tratado de Geometria Spherica*.

¹⁵João Evangelista Torriani (1770-1822). Formou-se em Matemática pela Universidade de Coimbra. Professor de Matemática da Academia Real de Marinha. Militar de Carreira, chega ao posto de Coronel de Engenharia. Uma sua Memória é premiada pela Academia, relativa ao Programa proposto para 1818: Demonstração de fórmulas de Wronski para a resolução de equações de qualquer ordem.

¹⁶A Royal Society tinha-o aceite como Sócio Estrangeiro em Abril de 1819.

¹⁷Ver [Anónimo, 1823].

aurons bientôt l'occasion d'annoncer plusieurs autres travaux sur les sciences, exécutés par des savants brésiliens ou portugais.¹⁸

Conteúdo da obra

Stockler define logo no Primeiro Parágrafo da Secção I o objectivo do seu livro:

O Desenvolvimento das Funções em Series constitui rigorosamente falando o Methodo inverso dos Limites [...]consistindo o Methodo directo em determinar a expressão do limite de qualquer Função ou Serie dada, o objecto do Methodo inverso não pôde ser outro senão determinar a lei, ou a fórmula commum a todas as Series das quaes uma Função dada pôde ser limite de expressão.¹⁹ Elle se reduz por tanto á solução deste unico

PROBLEMA

Sendo x uma Função qualquer de qualquer número de variaveis, e representando por Fx huma Função qualquer de x , e por consequencia das mesmas variaveis que entao na expressao de x , determinar a fórmula ou lei geral commum a todas as Series de que Fx pôde ser limite de expressão.²⁰

Portanto o livro vai-nos dar desenvolvimentos em série formais que serão somas de funções de uma variável (Secção I), de funções compostas de outras de uma só variável (Secção II), e de funções de mais de uma variável (Secção III).

Formalmente, o *Methodo inverso dos limites, ou desenvolvimento geral das funções algoritmicas*²¹ é composto de uma *Prefação* de 9 páginas, uma errata, de duas páginas, seguido da matéria do livro, dividida em três secções, todas elas datadas na última página: Secção I, *Sobre o desenvolvimento das Funções consideradas nas suas formas mais simples* (21 páginas, Rio de Janeiro 26 de Dezembro de 1818) e com um *Additamento* de 9 páginas, Rio de Janeiro, 6 de Março de 1819), Secção II, *Do desenvolvimento das Funções múltiplices ou das Funções de funções* (52 páginas, Rio de Janeiro, 7 de Abril de 1819; inclui 20 páginas com 9 problemas resolvidos), e

¹⁸Ver [Anónimo, 1827]. Trata-se de um jornal importante pela cobertura dada à produção científica fora de França. Isto mesmo foi reconhecido pela Academia das Ciências de Paris, num relatório favorável elaborado em 1825.

¹⁹No *Compendio da Theorica dos Limites* Stockler distinguiu entre limite de expressão e limite propriamente dito, que corresponde à distinção entre limite formal e limite real. Stockler diz nesta obra (p. 47): « [...] a respeito das expressões dos Limites das sommas dos termos de outras quaesquer series, chamando-lhes *Limites de expressao* quando não attendermos se ha, ou não, nas series as condições necessarias para que as suas sommas sejaõ realmente capazes de limite ; chamando-lhes simplesmente *Limites* quando attendermos ás ditas condições ».

²⁰Stockler, 1824, p.3. Quando quer designar a função de uma variável simples, Stockler usa sempre a notação « Fx » em vez daquela que hoje é habitual, « $F(x)$ ».

²¹A anteceder a Secção I vem um título ligeiramente diferente, *Methodo inverso dos limites ou desenvolvimento das funções em série*.

Secção III, *Do desenvolvimento das Funções de mais de huma variável* (55 páginas, incluindo 41 com 29 problemas resolvidos; Rio de Janeiro, 6 de Junho de 1819).

Quer na *Prefação* quer no começo do *Additamento* à Secção I Stockler dá elementos para se compreender a génese da sua obra. Em particular debate no primeiro as razões pelas quais os censores da Academia entenderam não publicar o seu texto. Resumidamente, Stockler aponta duas causas: a utilização do Teorema 1 da Primeira Secção do *Compendio da Theorica dos Limites* (a soma de um número arbitrário de variáveis que tendem todas para zero tende para zero), que não é válida quando há uma infinidade de parcelas; e a utilização de $F(x+u)$ em vez de $F(x,u)$. Stockler não aceita qualquer das críticas, mas não é nada convincente na sua rejeição, antes, por exemplo, denota não entender o conceito de infinito para o qual os censores correctamente chamam a atenção.

A prática matemática de Garção Stockler: o exemplo da obtenção da Fórmula de Taylor

Em toda esta obra se nota a profunda ligação (e dependência) desta obra com as anteriores, principalmente com o *Compendio da Theorica dos Limites* e a *Memoria sobre os Verdadeiros Principios do Methodo das Fluxões*,²² e o modo como Stockler relaciona deste modo os conceitos de limite, derivada e série. Vejamos como ele faz a dedução da chamada fórmula de Taylor:

Stockler supõe escolhido um estado de grandeza de x para servir de termo de comparação, que designa por *estado primitivo*, sendo todos os restantes denominados *estados variados*. Sendo $x+u$ um dos estados variados, considera-se que u tem valores tão pequenos quanto se queira, isto é, podemos fazer tender u para 0. Em termos actuais, é como se tivéssemos $x=x(0)$ e $x+u=x(t)$, com $t \rightarrow 0$. Stockler conclui (já sabemos que só considera funções contínuas), quando $u \rightarrow 0$:

$$x = \lim(x+u); F(x) = \lim F(x+u).$$

Portanto, afirma:

$F(x+u) = F(x) + G(u)$, com $G(u) \rightarrow 0$, ou mais precisamente ainda, $F(x+u) = F(x) + G(x,u)$, com $G(x,u) \rightarrow 0$, convergências essas quando $u \rightarrow 0$.

Stockler pressupõe ainda que $G(x,u) = V(u)F'(x,u)$,²³ com $V(u) \rightarrow 0$, e $F'(x,u)$ com limite quando $u \rightarrow 0$.

Stockler nada menciona, mas uma hipótese possível, desde que F fosse diferenciável em x , seria $V(u) = u$, e

$$F, F, u, = \frac{F, F = u, - F, F,}{u}.$$

²²Stockler, 1797, pp. 200-217.

²³ F' designa uma função arbitrária, em Stockler a plica sobre o F não é indicativo da função derivada de F .

Portanto ter-se-ia:

$F(x+u) = F(x) + V(u)F'(x,u)$, com $V(u) \rightarrow 0$ se $u \rightarrow 0$ e com a condição de existir $\lim F'(x,u)$ quando $u \rightarrow 0$.

Analogamente:

$F'(x,u) = F'(x) + V'(u)F''(x,u)$, com $V'(u) \rightarrow 0$ se $u \rightarrow 0$ e sabendo que existe $\lim F''(x,u)$ quando $u \rightarrow 0$.

Vemos que está pressuposta a continuidade de F' em x ; e, tal como no caso anterior, Stockler nada explicita, mas, desde que F'' fosse diferenciável em x , uma das hipóteses possíveis para existir a segunda parcela do segundo membro seria $V'(u) = u$, e

$$F''(x,u) = \frac{F''(x,u) - F''(x)}{u}.$$

Prosseguindo deste modo, e continuando a admitir um tipo semelhante de condições, obteríamos:

$F^{(n)}(x,u) = F^{(n)}(x) + V^{(n)}(u)F^{(n+1)}(x,u)$, com $V^{(n)}(u) \rightarrow 0$ e existindo $\lim F^{(n+1)}(x,u)$ quando $u \rightarrow 0$.

Fazendo as substituições devidas nas igualdades anteriores:

$$F(x+u) = F(x) + V(u)F'(x) + V(u)V'(u)F''(x) + \dots + V(u)V'(u)\dots V^{(n)}(u)F^{(n+1)}(x,u)$$

Stockler supõe $V^{(j)}(u) = u^{\square(j)}(u)$, com $\square(j)$ constante ou função com limite.²⁴

Então:

$$F(x+u) = F(x) + u^{\square(1)}(u)F'(x) + u^{\square(2)}(u)\square'(u)F''(x) + u^{\square(3)}(u)\square'(u)\square''(u)F'''(x) + \dots \quad (1)$$

e

$$F^{(n)}(x,u) = F^{(n)}(x) + u^{\square(n)}(u)F^{(n+1)}(x,u) \quad (2)$$

Stockler em seguida troca u com x em (1), com a justificação que «de nenhuma sorte altera a fôrma da Função $F(x,u)$ »:²⁵

²⁴No caso de termos $F'(x)u' = u$, $\in F'u' =$, $F \in F$,

²⁵Stockler, 1824, p. 5.

$$F(x+u)=F(u)+x\varphi(x)F'(u)+x^2\varphi(x)\varphi'(x)F''(u)+x^3\varphi(x)\varphi'(x)\varphi''(x)F'''(u)+\&c$$

Sejam $F=\lim F(u)$, $F'=\lim F'(u)$, $F''=\lim F''(u)$ quando $u \rightarrow 0$ (Stockler não questiona a sua existência). Passando ao limite :

$$F(x)=F.+x\varphi(x)F'.+x^2\varphi(x)\varphi'(x)F''.+x^3\varphi(x)\varphi'(x)\varphi''(x)F'''.+\&c \quad (3)$$

Que, para Stockler, é a solução geral do problema fulcral do Método inverso dos limites, referido no item anterior.

De (2) :

$$F'' F, u' = \frac{F' F = u' = F' F}{u\varphi' u'},$$

$$F''' F, u' = \frac{F'' F, u' = F'' F}{u\varphi'' u'},$$

$$F'''' F, u' = \frac{F''' F, u' = F''' F}{u\varphi''' u'},$$

Logo, quando $u \rightarrow 0$:

$$F_{,,} F, = , \quad \frac{F, F = u, = F, F,}{u\varphi, u,},$$

$$F_{,,,} F, = , \quad \frac{F_{,,} F = u, = F_{,,} F,}{u\varphi_{,,} u,},$$

$$F_{,,,,} F, = , \quad \frac{F_{,,,} F, u, = F_{,,,} F,}{u\varphi_{,,,} u,}.$$

«o que nos mostra, que todas estas funções $F'(x)$, $F''(x)$, $F'''(x)$, &c, se derivão a primeira de F_x , e as seguintes successivamente umas das outras por meio da aplicação constante das mesmas operações.»²⁶

²⁶Idem, p.5.

Para calcular $F'(x)$, $F''(x)$, $F'''(x)$, etc, é necessário determinar $\square(u)$, $\square'(u)$, $\square''(u)$, etc.

Impondo condições suplementares, Stockler vai obter uma fórmula de Wronski, incluída na sua *Memória sobre a Technia de Algorithmia*.

Sejam :

$$\begin{aligned} x\square(x) &= f(x), \\ x\square'(x) &= f'(x), \\ x\square''(x) &= f''(x), \\ &\text{etc} \end{aligned}$$

Stockler supõe:

$$f(x) = \lim f'(x) = \lim f''(x) = \&c,$$

e, de seguida, explicita o que quer dizer com estas igualdades (continuando a pressupôr a continuidade das funções envolvidas) :

$$\begin{aligned} f'(x) &= f(x+\square), \\ f''(x) &= f(x+2\square), \\ f'''(x) &= f(x+3\square), \\ &\text{etc} \end{aligned}$$

com $\square$ variável tendendo para zero (sem limite em diminuição, na nomenclatura de Stockler). Então, substituindo em (3), obtém a fórmula de Wronski:

$$F(x) = F + f(x) F' + f(x)f(x+\square) F'' + f(x)f(x+\square)f(x+2\square) F''' + \&c$$

Apesar de parte da polémica que Stockler teve com os editores do *Monthly Review* ser devida à sua utilização de variáveis temporais, continua a afirmar a necessidade de utilizar a ideia de tempo na concepção de *fluente*.²⁷ De facto a recorrência ao tempo t como variável auxiliar é importante para Stockler, pois vai legitimar a hipótese da continuidade em todas as funções utilizadas, introduz-se deste modo a continuidade do modelo do mundo físico na estrutura matemática que se está a teorizar.

« se x for fluente, também Fx será fluente [...] e como nesta concepção intelectual entra necessariamente a ideia de Tempo, he evidente, que representando por

²⁷Stockler, na *Memoria sobre os Verdadeiros Principios do Methodo das Fluxões*, afirma : « Chamo *Fluente* a toda a quantidade variavel, que muda de grandeza continua, e successivamente [...] » (p. 204).

t o tempo durante o qual x se supõem ter fluido para passar do seu estado primitivo para hum qualquer dos seus estados variados, e representando por Δx , e ΔFx as fluxões hypotheticas²⁸ de x e Fx será [...]

$$\frac{\Delta n, x,}{\Delta x} = \frac{n, x = n \Delta x, = n, x,}{n \Delta x},$$

$$\frac{\Delta n, , x,}{\Delta x} = \frac{n, , x = n \Delta x, = n, , x,}{n \Delta x},$$

$$\frac{\Delta n, , , x,}{\Delta x} = \frac{n, , , x = n \Delta x, = n, , , x,}{n \Delta x}.$$

&c²⁹

Vamos ainda supôr que $\square(x) = \square'(x) = \square''(x) = \dots = I$, e que x flui uniformemente, e portanto $\square x = dx^{30}$, e $\square x$ é constante.

Da primeira hipótese e da fórmula (1) obtemos :

$$F(x+u) = F(x) + uF'(x) + u^2F''(x) + u^3F'''(x) + \&c \quad (4)$$

Aplicando esta expressão,

$$F(x+t\square x) = F(x) + t\square xF'(x) + t^2\square^2xF''(x) + t^3\square^3xF'''(x) + \&c \quad (5)$$

Portanto

$$\frac{=n \ 2x2}{=x} = n \ 2x2 + n \ x n \ 2x2 + n^2 =^2 x n \ 2x2 + \&. \quad 222$$

²⁸Idem, pp. 207-208: « entre todas as tendencias [...] sempre haverá huma, que continuada constantemente em cada variavel seria capaz de produzir o seu incremento, ou decremento dentro no mesmo tempo, em que elle realmente for gerado [...] e chamando-lhe *Fluxão hypothetica* [...] teremos uma constante igualdade entre os incrementos, ou decrementos das variaveis, e os productos das suas Fluxões hypotheticas multiplicadas pelos tempos, em que elles tiverem sido gerados [...] suppondo a nosso arbitrio estes instantes tão proximos quanto quizermos, poderemos avizinhar a *Fluxão hypothetica* de qualquer variavel á sua *Fluxão propria* relativa ao primeiro dos ditos instantes de maneira, que a sua differença seja menor que qualquer quantidade, que se tenha assignado ».

²⁹Idem, p. 7

³⁰Stockler utiliza a letra d para as fluxões próprias, logo dx designa a fluxão própria de x .

Voltando a usar (4) :

$$F(x+2t\Box x)=F(x)+2t\Box xF'(x)+2^2t^2\Box^2xF''(x)+2^3t^3\Box^3xF'''(x)+\&c \quad (7)$$

$$F(x+3t\Box x)=F(x)+3t\Box xF'(x)+3^2t^2\Box^2xF''(x)+3^3t^3\Box^3xF'''(x)+\&c \quad (8)$$

Fazendo (5)-F(x), (7)-(5) e (8)-(7), obtemos, respectivamente :

$$t\Box F(x)=t\Box xF'(x)+t^2\Box^2xF''(x)+t^3\Box^3xF'''(x)+\&c \quad (9)$$

$$t\Box F(x+t\Box x)=t\Box xF'(x)+(2^2-1)t^2\Box^2xF''(x)+(2^3-1)t^3\Box^3xF'''(x)+\&c \quad (10)$$

$$t\Box F(x+2t\Box x)=t\Box xF'(x)+(3^2-2^2)t^2\Box^2xF''(x)+(3^3-2^3)t^3\Box^3xF'''(x)+\&c$$

Fazendo (10)-(9) :

$$t^2\Box^2F(x)=2t^2(\Box x)^2F''(x)+(2^3-2)t^3(\Box x)^3F'''(x)+\&c,$$

e

$$\frac{=^2n\ 2x2}{=x^2}=2n\ \underline{\underline{2x2}}+2^2=2n\ne xn\ \underline{\underline{2x2}}+\&. \quad \underline{\underline{2\ 2}}$$

Aplicando limites em (6) e em (11) :

$$\frac{n\ 3x)}{n}=n\ 3x)3$$

$$\frac{n^3n\ 3x)}{n^3}=3n\ 3x).$$

Analogamente se demonstra que :

$$\frac{n^3n\ 3x)}{n^3}=3n\ 3x)3$$

⋮

$$\frac{n^nn\ 3x)}{n^n}=n3n^{3n})3x).$$

Substituindo estas derivadas em (4) obtemos por fim a fórmula de Taylor :

$$F(x) = F(x_0) + F'(x_0)(x-x_0) + \frac{F''(x_0)}{2!}(x-x_0)^2 + \frac{F'''(x_0)}{3!}(x-x_0)^3 + \dots$$

CONCLUSÕES

Toda a obra matemática de Garçon Stockler, desde o seu primeiro texto, o *Compendio da Theorica dos Limites*, revela a preocupação de uma fundamentação rigorosa da Análise. Nesta orientação não deve ser menosprezável a influência da obra de José Anastácio da Cunha, o qual procurou formular a sua obra, em muitos aspectos verdadeiramente inovadora, com o rigor dos antigos géometras gregos. Stockler, mais do que um criador, assumiu-se sempre como um reestruturador da Análise, como alguém que procurou dar a segurança dos métodos da Grécia Clássica aos avanços da Análise, muitas vezes não imediatamente expressos e operados com rigor matemático. Essa preocupação está bem explícita nas suas obras de fundo, e em particular no modo em como procurou fundamentar toda a Análise com base na Teoria dos Limites. Na sua aproximação vemos contudo surgir as limitações da maioria dos matemáticos da sua época, como, por exemplo, a crença na existência a priori de qualquer limite, a aceitação implícita da continuidade de todas as funções, aqui tentada justificar com a importação para o domínio da Matemática de um modelo físico da Natureza.

AGRADECIMENTOS

Este artigo corresponde a uma conferência feita durante o Terceiro Seminário Nacional de História da Matemática, realizado em Vitória, Estado do Espírito Santo, de 28 a 31 de Março de 1999. Venho por este meio agradecer à sua Comissão Organizadora o convite para participar neste evento, bem como todo o apoio dado durante a minha estadia em Vitória, englobando ainda neste agradecimento a Sociedade Brasileira de História da Matemática.

Declaro que este trabalho foi apoiado pelo Instituto Camões e pela FCT através do Programa Lusitânia; a investigação que levou a este artigo foi igualmente subsidiada por PRAXIS XXI, FEDER, e pelo Projecto PRAXIS/2/2.1/MAT/125/94.

BIBLIOGRAFIA

1. Anónimo, notícia sem título, *Gazeta de Lisboa*, nº 15, 12 de Abril de 1808, pp. 1-3.
2. Anónimo, Letter to Charles Babbage, *Quarterly Journal of Science* (1), 15, 1823, pp. 357-360.

3. Anónimo, *Methodo Inverso*, *Bulletin Universel des Sciences et de l'Industrie*, Serie: Sciences mathématiques, astronomiques, physiques et chimiques, (7), 1827, p. 100.
4. Saraiva, L. M. R., Garção Stockler and the first History of Mathematics in Portugal, *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 42, 1992, pp. 76-86.
5. Saraiva, L. M. R., , On the first History of Portuguese Mathematics, *Historia Mathematica* 20, 1993, pp. 415-427.
6. Saraiva, L. M. R., Garção Stockler e o »Projecto sobre o estabelecimento e organização da Instrução Publica no Brazil », *Actas do IIº Encontro Luso Brasileiro de História da Matemática e Seminário Nacional de História da Matemática*, Águas de S. Pedro, S . Paulo. Rio Claro : Cruzeiro Editora, 1997, pp. 25-43.
7. Stockler, F. de B. G., *Compendio da Theorica dos Limites, etc* , Lisboa: Academia Real das Sciencias, 1794.
8. Stockler, F. de B. G., Memoria sobre os Verdadeiros Principios do Methodo das Fluxões, *Memorias da Academia Real das Sciencias de Lisboa* 1, 1797, pp. 200-217.
9. Stockler, F. de B. G., *Methodo Inverso dos Limites, ou Desenvolvimento Geral das Funções Algorithmicas*, Lisboa : Simão Thaddeo Ferreira, 1824.
10. Vários autores, *Encyclopédie Méthodique, Mathématiques*, volume 2, Paris : Librairie Panckoucke, 1785.

ECOLOGY, THE SUBVERSIVE SCIENCE?

*Robert E. Ulanowicz**

ABSTRACT

In 1964 Paul Sears asked whether the findings of ecology might act to subvert social and political orders. But ecology might also serve to challenge deeply-held scientific assumptions. To explore how ecology tends to change scientific perspectives, the fundamental assumptions that characterized the 19th Century Newtonian worldview are enumerated as a reference: Nature was assumed to be (1) causally closed, (2) deterministic, (3) universal, (4) reversible, and (5) atomistic. Contemporary ecology, and especially network analysis and the theory of increasing ascendancy, are more consonant with an entirely different set of guiding postulates. The emerging ecological worldview differs significantly from the Newtonian metaphysic on all five points: Ecology reveals that nature can be (1) ontically open, (2) contingent, (3) “granular” in space and time, (4) historical, and (5) organic, respectively.

Key words: Aristotelian causalities; ascendancy; autocatalysis; indeterminacy; information theory; organicism; propensity; Stochasticism; Telos.

ECOLOGIA, A CIÊNCIA SUBVERSIVA?

Em 1964, Paul Sears indagou se as descobertas da ecologia poderiam agir de modo a subverter as ordens política e social. Mas a ecologia poderia também servir para desafiar pressuposições científicas profundamente arraigadas. Para explorar como a ecologia tende a alterar as perspectivas científicas, as pressuposições fundamentais que caracterizaram a visão de mundo newtoniana do século 19 são enumeradas como referenciais: a Natureza era tomada como sendo (1) causalmente fechada, (2) determinística, (3) universal, (4) reversível e (5) atomística. A ecologia contemporânea, e especialmente a análise de redes e a teoria da ascendência crescente são mais consonantes com um conjunto inteiramente distinto de postulados orientadores. A visão de mundo ecológica emergente difere significativamente da metafísica newtoniana em todos os cinco pontos: a ecologia revela que a natureza pode ser (1) onticamente aberta, (2) contingente, (3) “granular” no espaço e no tempo, (4) histórica e (5) orgânica, respectivamente.

Palavras-chave: Causalidades aristotélicas; ascendência; autocatálise; indeterminação; teoria da informação; organicismo; propensão; estocasticismo; Telos.

*University of Maryland, Chesapeake Biological Laboratory, Solomons, MD 20688-0038 USA. E-mail: ulan@cbl.umces.edu

INTRODUCTION

Thirty- six years ago Paul Sears (1964) wrote in the pages of *BioScience* that ecology possibly could “endanger the assumptions and practices accepted by modern societies, whatever their doctrinal commitments.” Since then, we have seen the discoveries of ecology pose very prominent challenges that to some degree already have restructured our societies and governments (and the country of Brasil has played a very central role in prompting many of these changes.) So that today, we see whole political movements clustered around “green” concerns and initiatives.

But it is not social or governmental directions that I wish to consider. Rather, I wish to redirect Sear’s suggestion away from the social and towards the strictly scientific. I would like to pose the question whether the attitudes of ecologists possibly could “endanger the assumptions and practices accepted by modern *scientists*” for the last 300 years? How could that be, the reader might well ask, given that ecology appears to many not to be the most robust of sciences? Nor does it take much reflection to discover that, even within the ranks of ecologists, perceptions of the nature of the discipline remain ambiguous and conflicted. For example, attitudes among ecologists range from the “Deep Ecology” of Arne Naess (1988), who maintains that ecology affects one’s life and perception of the natural world in a profound and ineffable way, to the widespread view of ecology as merely corollary to newtonian and evolutionary theories. Hence, we are left to wonder – is ecology either inscrutably mysterious or trivially derivative?

I wish to suggest that such confusion is the result of the reluctance by ecologists to articulate the fundamental assumptions they invoke when viewing the natural world – the ecological metaphysic, so to speak. It is my belief that explicitly formulating a metaphysic proper to ecology will reveal that this discipline is neither as inscrutable as Naess would have everyone believe, nor as corollary as many of its practitioners think it is.

To be sure, there is something *special* about ecology. Why else would colleagues in other disciplines wish to cloak their endeavors in the mantle of ecology? One encounters, for example, books on “the ecology of computational systems” (Huberman, 1988) or entire institutes devoted to the “ecological study of perception and action” (Gibson, 1979.) What is it about ecology (and ecosystems theory in particular) that so differs from the fundamental assumptions that have channeled our worldview over the past two centuries? To answer this question, we need first to review the basic postulates that have guided science during its “classical” period in the 19th Century, so that we may have a set of references against which to distinguish the ecological vision.

According to Depew and Weber (1994), science during the 19th Century was overwhelmingly newtonian in scope. They identified four postulates under which newtonian investigations were pursued:

Newtonian systems are causally *closed*. Only mechanical or material causes are legitimate.

Newtonian systems are *deterministic*. Given precise initial conditions, the future (and past) states of a system can be specified with arbitrary precision.

Newtonian systems are *reversible*. Laws governing behavior work the same in both temporal directions.

Newtonian systems are *atomistic*. They are strongly decomposable into stable least units, which can be built up and taken apart again.

After consulting with these authors, I have added a fifth article of faith (Ulanowicz, 1997), namely that

Physical laws are *universal*. They apply everywhere, at all times and over all scales.

Early in the 19th Century, the notion of reversibility had been challenged by Sadi Carnot's thermodynamical elaboration of irreversibility and several decades later by Darwin's historical narrative. The development of relativity and quantum theories early in the 20th Century worked to subvert even further the assumptions of universality and determinism, respectively. Despite these problems, many in biology (and especially in ecology) continue to operate under a mechanistic umbrella that differs little from the classical Enlightenment metaphysic I have just outlined. Many do, that is, but not all!

In his historical analysis of ecosystems theory, Joel Hagen (1992) identified three distinct metaphors by means of which ecologists have attempted to make sense of ecological phenomena. As I have just alluded, the most familiar and widely-accepted metaphor is that of the ecosystem as a machine, or clockwork, which, of course, runs according to the newtonian scenario. This tradition has been kept alive and well by the likes of George Clarke (1954), Howard Odum (1960) and Thomas Schoener (1986.) Interestingly, however, the mechanical metaphor was preceded in the ecological arena by Frederic Clements' (1916) suggestion that ecosystems behave like organisms. Clements directly credited Jan Smuts (1926) as his inspiration, but ultimately he was following in the traditions of Leibniz and Aristotle. The organic analogy was advanced in subsequent decades by G. Evelyn Hutchinson and Eugene Odum. Finally, a contemporary of Clements, Henry Gleason (1917), countered the notion of ecosystems as organisms with the idea that ecological communities arise largely by chance and in the absence of any major organizational influences. Such stochasticism follows the lead of nominalism and deconstructivist postmodernism, and has found voice in contemporary ecology through the writings of Daniel Simberloff (1980), Kristin

Schrader- Frechette (and McCoy, 1993) and Mark Sagoff (1997), all of whom deride the mechanical and organic metaphors as unwarranted realism.

ECOSYSTEMS AND CONTINGENCY

Reconciling chance with deterministic mechanics is no easy task, and the problem has occupied some of the best minds over the past two centuries. Ludwig von Boltzmann and Josiah Gibbs dominated the effort during latter 19th Century to construct a statistical mechanics that would salvage newtonian precepts from the challenge posed by the irreversibility inherent in thermodynamics. Then early in the 20th century, Ronald Fisher used almost identical mathematics to join the gradualist narrative of Darwin to the discrete phenomena observed by Mendel, resulting in what came to be known as “The Grand Synthesis”. I wish to bring to your attention the fact that both these attempts at reconciliation are relevant only to systems of many components that are largely decoupled from one another – hardly the description of an ecosystem!

Because these attempts at reconciliation were so narrow in application, biology today remains somewhat “schizophrenic”. Narrative constantly is switching back and forth between the realms of strict determinism and pure stochasticity, as if no middle ground existed. In referring to this regrettable situation, Karl Popper (1990) remarked that it still remains for us to achieved a truly “evolutionary theory of knowledge”, and we will not do so until we reconsider our fundamental attitudes toward the nature of causality. True reconciliation, Popper suggested, lies in an intermediate to stochasticity and determinism. He proposed, therefore, a generalization of the newtonian notion of “force”. Forces, he posited, are idealizations that exist as such only in perfect isolation. The objective of experimentation is to approximate isolation from interfering factors as best possible. In the real world, however, where components are loosely, but definitely coupled, one should speak rather of “propensities”. A propensity is the tendency for a certain event to occur in a particular context. It is related to, but not identical to, conditional probabilities.

Consider, for example, the hypothetical “table of events” depicted in Table 1, which arrays five possible outcomes, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 , according to four possible eliciting causes, a_1, a_2, a_3 , and a_4 . For example, the outcomes might be several types of cancer, such as those affecting the lung, stomach, pancreas or kidney, while the potential causes might represent various forms of behavior, such as running, smoking, eating fats, etc. In an ecological context, the b ’s might represent predation by predator j , while the a ’s could represent donations of material or energy by host i .

TABLE 1 Frequency table of the hypothetical number of joint occurrences that four “causes” ($a_1...a_4$) were followed by five “effects” ($b_1...b_5$)

	00		0 0		0 0		0 0		0 0		00
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

We notice from the table that whenever condition a_1 prevails, there is a propensity for b_2 to occur. Whenever a_2 prevails, b_5 is the most likely outcome. The situation is a bit more ambiguous when a_3 prevails, but b_1 and b_4 are more likely to occur in that situation, etc. Events that occur with smaller frequencies, e.g., $[a_1, b_3]$ or $[a_1, b_4]$ result from what Popper calls “interferences”.

We now ask how might the table of events appear, were it possible to completely isolate phenomena? Probably, it would look something like Table 2, where every time a_1 occurs, it is followed by b_2 ; every time a_2 appears, it is followed by b_5 , etc. That is, under isolation, propensities degenerate into mechanical- like forces. It is interesting to note that b_4 never appears under any of the isolated circumstances. Presumably, it arose purely as a result of interferences among propensities. Thus, the propensity for b_4 to occur whenever a_3 happens is an illustration of Popper’s assertion that propensities, unlike forces, never occur in isolation, nor are they inherent in any object. They always arise out of a context, which invariably includes other propensities.

TABLE 2 Frequency table as in Table 1, except that care was taken to isolate causes from each other.

	00		0 0		0 0		0 0		0 0		00
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Popper’s notion of propensity encompasses both chance and law-like behavior under a single rubric. We note that the transition depicted from Table 1 to Table 2 involves proceeding from less-constrained to more constrained circumstances. It is the appearance of progressive constraints that we mean when we use the term “development”. We now ask the questions, “What natural agency might contribute to the transition from Table 1 to Table 2?”; or, in a larger sense, “What lies behind the phenomena we call growth and development?”, and “How can one quantify the effects of this agency?”

AUTOCATALYSIS AND ORGANIC SYSTEMS

One clue to an agency behind growth and development appears as soon as one considers what happens when propensities act in close proximity to one another. Any one process will either abet (+), diminish (-) or not affect (0) another. Similarly, the second process can have any of the same effects upon the first. Out of the nine possible combinations for reciprocal interaction, it turns out that one interaction, namely mutualism (+,+), has very different properties from all the rest. Investigators such as Manfred Eigen (1971), Hermann Haken (1988), Humberto Maturana (and Varela, 1980), Stuart Kauffman (1995) and Donald DeAngelis (1986) all have contributed to a growing consensus that some form of positive feedback is responsible for most of the order we perceive in organic systems. I now wish to focus attention upon a particular form of positive feedback, autocatalysis. Autocatalysis is a form of positive feedback wherein the effect of each and every link in the feedback loop remains positive. In the framework of the newtonian assumptions, as autocatalysis is usually viewed in chemistry, such feedback appears merely as a particular type of mechanism. As soon as one admits some form of indeterminacy, however, several highly non- mechanical attributes suddenly make their appearance.

To be precise about what form of autocatalysis I am referring, I direct the reader's attention to the three-component interaction depicted in Figure 1. We assume that the action of process A has a propensity to augment a second process B. I wish to emphasize my use of the word "propensity" to mean that the response of B to A is not wholly obligatory. That is, A and B are not tightly and mechanically linked. Rather, when process A increases in magnitude, most (but not all) of the time, B also will increase. B tends to accelerate C in similar fashion, and C has the same effect upon A.

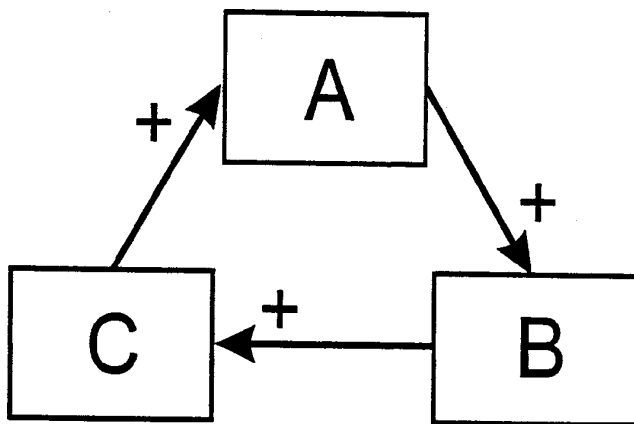


FIGURE 1 – Schematic of a hypothetical 3-component autocatalytic cycle.

My favorite ecological example of autocatalysis is the community that centers around the aquatic macrophyte, *Utricularia* (Ulanowicz, 1995.) All members of the genus *Utricularia* are carnivorous plants. Scattered along its feather-like stems and leaves are small bladders, called utricles (Figure 2a). Each utricle has a few hair-like triggers at its terminal end, which, when touched by a feeding zooplankton opens the end of the bladder and the animal is sucked into the utricle by a negative osmotic pressure that the plant had maintained inside the bladder. In the field *Utricularia* plants always support a film of algal growth known as periphyton (Figure 2b). This periphyton in turn serves as food for any number of species of small zooplankton. The catalytic cycle is completed when the *Utricularia* captures and absorbs many of the zooplankton.

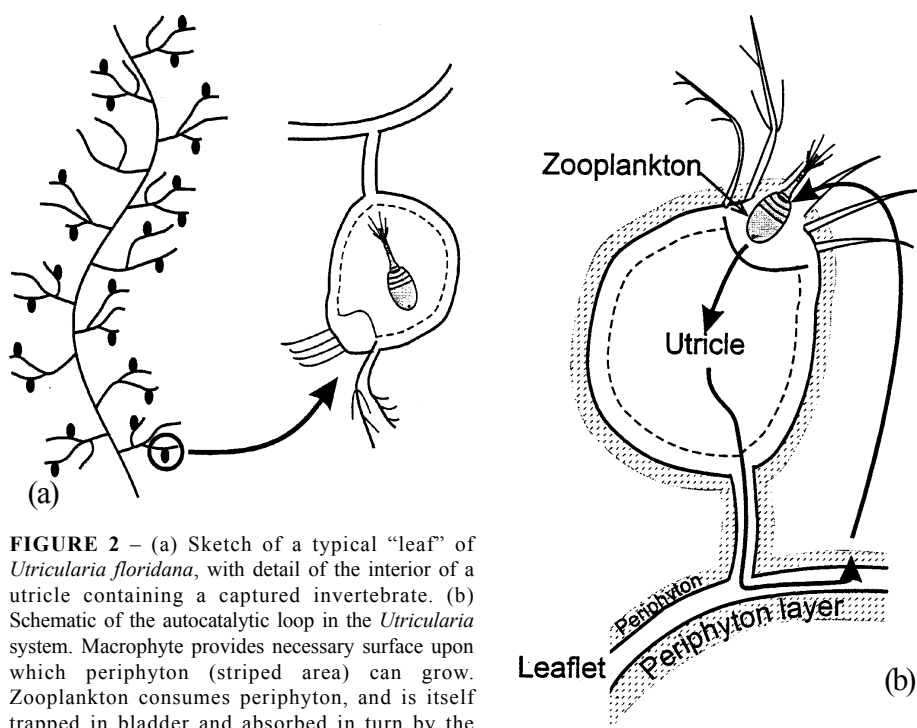


FIGURE 2 – (a) Sketch of a typical “leaf” of *Utricularia floridana*, with detail of the interior of a utricle containing a captured invertebrate. (b) Schematic of the autocatalytic loop in the *Utricularia* system. Macrophyte provides necessary surface upon which periphyton (striped area) can grow. Zooplankton consumes periphyton, and is itself trapped in bladder and absorbed in turn by the *Utricularia*.

Autocatalysis among propensities gives rise to at least eight system attributes, which, taken as a whole, comprise a distinctly non-mechanical dynamic. We begin by noting that by our definition autocatalysis is explicitly *growth-enhancing*. Furthermore, autocatalysis exists as a *formal* structure of kinetic elements. More interestingly, autocatalysis is capable of exerting *selection* pressure upon its ever-

changing constituents. To see this, let us suppose that some small change occurs spontaneously in process B. If that change either makes B more sensitive to A or a more effective catalyst of C, then the change will receive enhanced stimulus from A. Conversely, if the change in B either makes it less sensitive to the effects of A or a weaker catalyst of C, then that change will likely receive diminished support from A. We note that such selection works on the processes or mechanisms as well as on the elements themselves. Hence, any effort to simulate development in terms of a fixed set of mechanisms is doomed ultimately to fail.

It should be noted in particular that any change in B is likely to involve a change in the amounts of material and energy that flow to sustain B. Whence, as a corollary of selection pressure, we recognize the tendency to reward and support changes that bring ever more resources into B. As this circumstance pertains to all the other members of the feedback loop as well, any autocatalytic cycle becomes the center of a *centripetal* vortex, pulling as much resources as possible into its domain.

It follows that, whenever two or more autocatalytic loops draw from the same pool of resources, autocatalysis will *induce competition*. In particular, we notice that whenever two loops partially overlap, the outcome could be the exclusion of one of the loops. In Figure 3, for example, element E is assumed to appear spontaneously in conjunction with A and C. If E is more sensitive to A and/or a better catalyst of C, then there is a likelihood that the ensuing dynamics will so favor E over B, that B will either fade into the background or disappear altogether. That is, selection pressure and centripetality can guide the replacement of elements. Of course, if B can be replaced by E, there remains no reason why C cannot be replaced by F or A by D, so that the cycle A, B, C could eventually transform into E, F, G. One concludes that the characteristic lifetime of the autocatalytic form usually exceeds that of most of its constituents. This is not as strange as it may first seem. With the exception of our neurons, virtually none of the cells that composed our bodies seven years ago remain as parts of us today. Very few of the atoms in our body were parts of us eighteen months ago. Yet if our mothers were to see us for the first time in ten years, she would recognize us immediately.

Autocatalytic selection pressure and the competition it engenders define a preferred direction for the system – that of ever more effective autocatalysis. In the terminology of physics, autocatalysis is *symmetry-breaking*. One should not confuse this rudimentary directionality with full-blown teleology. It is not necessary, for example, that there exist a pre-ordained endpoint towards which the system strives. The direction of the system at any one instant is defined by its state at that time, and the state changes as the system develops. I have used the term “telos” to denote this weaker form of directionality and to distinguish it from the far rarer and more complex behavior known as teleology.

Taken together, selection pressure, centripetality and a longer characteristic lifetime all speak to the existence of a degree of *autonomy* of the larger structure from

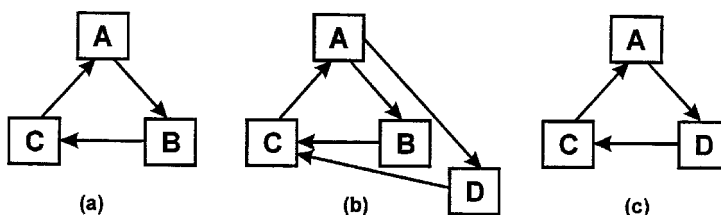


FIGURE 3 – (a) Original configuration. (b) Competition between component B and a new component E, which is either more sensitive to catalysis by A or a better catalyst of C. (c) B is replaced by E, and the loop section A-B-C by that of A-E-C.

its constituents. Again, attempts at reducing the workings of the system to the properties of its composite elements will remain futile over the long run.

In epistemological terms, the dynamics I have just described can be considered *emergent*. In Figure 4, if one should consider only those elements in the lower right-hand corner (as enclosed by the solid line), then one can identify an initial cause and a final effect. If, however, one expands the scope of observation to include a full autocatalytic cycle of processes (as enclosed by the dotted line), then the system properties I have just described appear to emerge spontaneously.

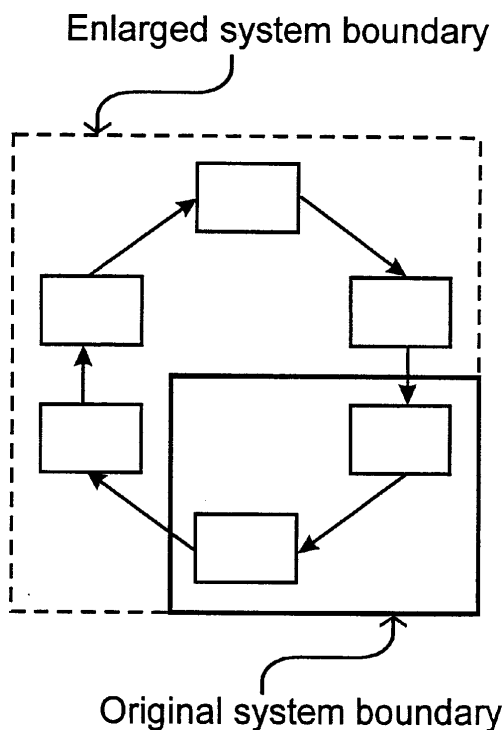


FIGURE 4 – Two hierarchical views of an autocatalytic loop. The original perspective (solid line) includes only part of the loop, which therefore appears to function quite mechanically. A broader vision encompasses the entire loop, and with it several non-mechanical attributes.

CAUSALITY RECONSIDERED

It is important to note that selection pressure that arises from autocatalysis acts from higher scales downwards. Top-down influence is familiar to ecologists in the context of trophic interactions, but the newtonian metaphysic allows only influences originating at lower realms of time and space to exert their effects at larger and longer scales. Prior to Newton, however, the prevailing view on natural causalities had been formulated by Aristotle, who explicitly recognized the existence of downward causation.

Aristotle identified four categories of cause: (1) Material, (2) Efficient (or mechanical), (3) Formal and (4) Final. An effective, albeit unsavory, example of an event wherein all four causes are at work is a military battle. The swords, guns, rockets and other weapons comprise the material causes of the battle. The soldiers who use those weapons to inflict unspeakable harm on each other become the efficient agents. The topography of the battlefield and the changing positions of the troops on the battlefield with respect to each other and with respect to natural factors, such as sun angle and wind, constitute the formal cause. Final cause originates mostly beyond the battlefield and consists of the social, economic and political factors that brought the armies to face each other.

Encouraged by the simplicity of Newton's *Principia* and perhaps influenced by the politics of the time, early Enlightenment thinkers acted decisively to excise formal and final causalities from all scientific description. We are urged, however, by contemporary thinkers, such as Robert Rosen (1985) to reconsider how appropriately these discarded categories might serve for the interpretation of complex phenomena. Indeed, there appear to be especial reasons why Aristotle's schema provides a more satisfactory description of ecological dynamics, and those reasons center around the observation that efficient, formal and final causes are hierarchically ordered – as becomes obvious when we notice that the domains of influence by soldier, officer and prime minister extend over progressively larger and longer scales.

The Achilles heel of newtonian-like dynamics is that it cannot in general accommodate true chance or indeterminacy (whence the “schizophrenia” in contemporary biology.) Should a truly chance event happen at any level of a strictly mechanical hierarchy, all order at higher levels would be doomed eventually to unravel. How much more accommodating is the Aristotelian hierarchy! Any spontaneous efficient agency at any hierarchical level would be subject to selection pressures from formal autocatalytic configurations above. These configurations in turn experience selection from still larger constellations in the guise of final cause, etc. One may conclude, thereby, that the influence of most irregularities remains circumscribed. Unless the larger structure is particularly vulnerable to a certain type of perturbation (and this happens relatively rarely), the effects of most perturbations are quickly damped.

One might even generalize from this “finite radius of effect” that the very laws of nature might be considered to have finite, rather than universal, domain (Allen and Starr, 1982; Salthe, 1993). That is, each law is formulated within a particular domain of time and space. The farther removed an observed event is from that domain, the weaker becomes the explanatory power of that law, because chance occurrences and selection pressures arise among the intervening scales to interfere with the given effect. To the ecologist, therefore, the world appears as granular, rather than universal. The ecologist, then, has good reason to look with skepticism upon any physicist who would attempt to marry phenomena belonging to widely disparate scales, such as, quantum phenomena and gravity (Hawking, 1988.)

THE ORGANIC MIDDLE GROUND

At this point we seem to be devolving rapidly into deconstructivism. Lest we travel any farther down this pathway, it behooves us to stop and reconsider the constructivist suggestion by Popper that we should no longer be satisfied with the prevailing image of rigid mechanisms set opposite to complete disorder, with nothing in between. Popper urges us to consider a middle ground, wherein propensities interacting with each other give rise to non-rigid structures that nonetheless retain their coherence over time, i.e., the world of the truly organic. The major problem with earlier organic metaphors has been that their proponents, such as Clements, cast them in mechanical terms that were too rigid. We turn our attention, therefore, to agencies that potentially could give rise to organic-like, non-rigid structures, and our vision focuses quickly again upon autocatalysis.

Out of our considerations on autocatalysis we abstract two major facets to its actions: Autocatalysis serves to increase the activities of all its constituents, and it prunes the network of interactions so that those links that most effectively participate in autocatalysis become dominant. Schematically this transition is depicted in Figure 5. The upper figure represents a hypothetical, inchoate 4-component network before autocatalysis has developed, and the lower one, the same system after autocatalysis has matured. The magnitudes of the flows are represented by the thicknesses of the arrows. To the right appear the matrices that correspond to the pattern of flows. One recognizes that the transition resembles that between Tables 1 and 2 that was presented earlier in connection with Popper’s propensities.

There is not sufficient space to present in detail how the two facets of autocatalysis come to be quantified. Suffice it here simply to present the results. We begin by defining the transfer of material or energy from prey (or donor) i to predator (or receptor) j as T_{ij} , where i and j range over all members of a system with n elements. The total activity of the system can be measured simply as the sum of all system processes, $T = \sum_{i,j} T_{ij}$ or what is called the “total system throughput”.

$$\begin{bmatrix} \circ & \times & \times & \circ \\ \times & \circ & \times & \times \\ \times & \circ & \circ & \times \\ \times & \circ & \times & \circ \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X \\ X & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

As for the “pruning”, or development effected by autocatalysis, it will be related to changes in the probabilities of flow to different compartments. We note, therefore, that the joint probability that a quantum of medium both leaves i and enters j can be estimated by the quotient T_{ij}/T_i , and that the conditional probability that, having left i , it then enters j can be approximated by the quotient $T_{ij}/\sum_k T_{ik}$.

$$I = \frac{I_I}{I}, \quad \frac{I_I I}{I \bar{p}_I}.$$

148

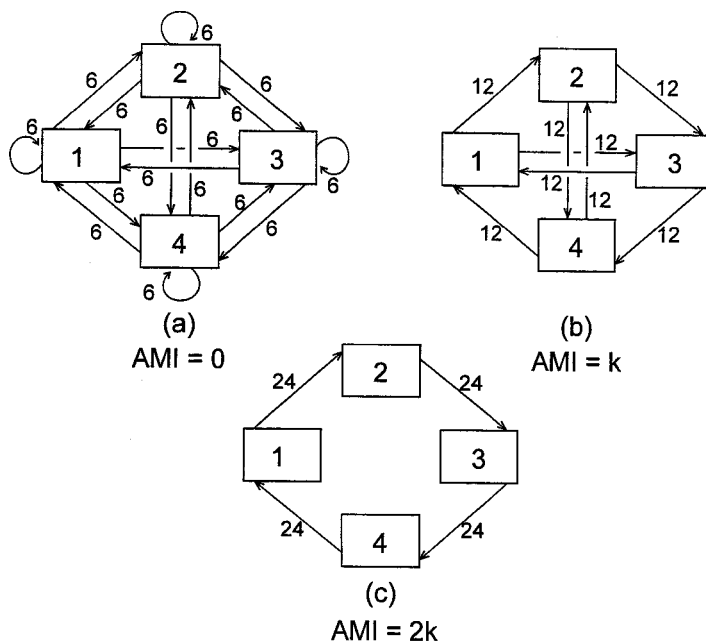


FIGURE 6 – (a) The most equivocal distribution of 96 units of transfer among four system components. (b) A more constrained distribution of the same total flow. (c) The maximally constrained pattern of 96 units of transfer involving all four components.

Because autocatalysis is a unitary process, we can incorporate both factors of growth and development into a single index by multiplying them together to define a measure called the system ascendency, $A = T \times \text{AMI}$. In his seminal paper, “The strategy of ecosystem development”, Eugene Odum (1969) identified 24 attributes that characterize more mature ecosystems. These can be grouped into categories labeled species richness, dietary specificity, recycling and containment. All other things being equal, a rise in any of these four attributes also serves to augment the ascendency. It follows as a phenomenological principle that “in the absence of major perturbations, ecosystems have a propensity to increase in ascendency.” Increasing ascendency is a quantitative way of expressing the tendency for those system elements that are in catalytic communication to reinforce each other to the exclusion of non-participating members.

I should hasten to emphasize in the strongest terms possible that increasing ascendency is only half the story. Ascendency accounts for how efficiently and coherently the system processes medium. Using the same type of mathematics, one can compute as well an index called the system overhead that is complementary to the ascendency (Ulanowicz and Norden, 1990.) Overhead quantifies the degrees of

freedom, inefficiencies and incoherencies present in the system. Although these latter properties may encumber overall system performance at processing medium, they become absolutely essential to system survival whenever the system incurs a novel perturbation. At such time, the overhead becomes the repertoire from which the system can draw to adapt to the new circumstances. Without sufficient overhead, a system is unable to create an effective response to the exigencies of its environment. The configurations we observe in nature, therefore, appear to be the results of two antagonistic tendencies (ascendency vs. overhead) working off of each other in a relationship that resembles a dialectic.

THE NEW VIEW

Let us now take stock of our subversive ecological worldview as I have interpreted it. As for the underlying metaphysic, we have concluded that the classical newtonian motif is inadequate on each and every point:

1. Ecosystems are not causally closed. They appear to be *open* to the influence of non-mechanical agency. Spontaneous events may occur at any level of the hierarchy at any time. Efficient (or mechanical) causes usually originate at scales inferior to that of observation, and their effects propagate upwards. Formal agencies appear at the focal level; and final causes exist at higher levels and propagate downwards (Salthe, 1985; Ulanowicz, 1997.)
2. Ecosystems are not deterministic machines. They are *contingent* in nature. Biotic actions resemble propensities more than mechanical forces.
3. The realm of ecology is *granular*, rather than universal. Models of events at any one scale can explain matters at another scale only in inverse proportion to the remoteness between them. On the other hand, the domain within which irregularities and perturbations can damage a system is usually circumscribed. Chance does not necessarily unravel a system.
4. Ecosystems, like other biotic systems, are not reversible, but *historical*. Irregularities often take the form of discontinuities, which degrade predictability into the future and obscure hindcasting. The effects of past discontinuities are often retained (as memories) in the material and kinetic forms that result from adaptation. Time takes a preferred direction or telos in ecosystems – that of increasing ascendency.
5. Ecosystems are not easily decomposed; they are *organic* in composition and behavior. Propensities never exist in isolation from other propensities, and communication between them fosters clusters of mutually reinforcing propensities to grow successively more interdependent.

Hence, the observation of any component in isolation (if possible) reveals regressively less about how it behaves within the ensemble.

The ecological worldview is not entirely subversive, however, and by following Popper's evolutionary leads we retain some connections with the orthodox and the classical. Unfortunately, it remains beyond the scope of this paper to demonstrate exactly how Popper's propensities are imbedded in the expression of the ascendancy. Furthermore, because propensities are generalizations of newtonian forces, it can be shown how the principle of increasing ascendancy resembles a generalization of newtonian law upwards into the macroscopic realm, in a way similar to how Schroedinger's wave equation is an extension of Newton's second law downwards into the netherworld of quantum phenomena (Ulanowicz, 1999.)

In conclusion, I hope I have convinced the reader that ecology is not trivially derivative of more conventional disciplines. It is a robust endeavor with its own direction! It is also my desire that the perspective on ecological dynamics that I have presented will support the belief that neither is ecology entirely mysterious. Ecology does indeed "endanger the assumptions and practices accepted by modern scientists." It challenges us to take a postmodern look at science, but one that is not wholly deconstructive. Rather, the ecological perspective promises a new and coherent view on nature that leaves ample room for the inclusion of the human. As Paul Sears also opined, ecology, if taken seriously can act "as an instrument for the long-run welfare of [human]kind." The subversion in ecology is one that no one need fear. It holds the promise for a truly new outlook on the phenomenon of life – one that could catapult the ecological perspective to become the ascendant scientific worldview of the 21st Century.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author was supported in part by the US Geological Survey Program for Across Trophic Levels Systems Simulation (ATLSS, Contract 1445CA09950093) and by the US Environmental Protection Agency's Multiscale Experimental Ecosystem Research Center (MEERC, Contract R819640). The author wishes to express his gratitude for helpful encouragement from Prof. Anna Carolina Regner and Mr. Daniel S. Hoffmann of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

REFERENCE LIST

- ALLEN, T.F.H., STARR, T.B. *Hierarchy*. Chicago: University of Chicago Press, 1982.
CLARKE, G.L. *Elements of Ecology*. New York: John Wiley, 1954.
CLEMENTS, F.E. *Plant Succession: An Analysis of the Development of Vegetation*. Washington, D.C.: Carnegie Institution of Washington, 1916.

- DEANGELIS, D.L., POST, W.M., TRAVIS, C.C. . *Positive Feedback in Natural Systems*. New York: Springer-Verlag, 1986.
- DEPEW, D.J., B.H. WEBER. *Darwinism Evolving: Systems Dynamics and the Geneology of Natural Selection*. Cambridge: MIT Press, 1994.
- EIGEN, M. Selforganization of matter and the evolution of biological macromolecules. *Naturwiss* n.58, p. 465-523, 1971.
- GIBSON, J.J. *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin, 1979.
- GLEASON, H.A. The structure and development of the plant association. *Bulletin Torrey Botanical Club*, n. 44, p. 463-481, 1917.
- HAGEN, J.B. *An Entangled Bank: The Origins of Ecosystem Ecology*. New Brunswick: Rutgers University Press, 1992.
- HAKEN, H. *Information and Self-Organization*. Berlin: Springer-Verlag, 1988.
- HAWKING, S.W. *A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes*. New York: Bantam, 1988.
- HUBERMAN, B.A. (ed.). *The Ecology of Computation*. Amsterdam: North Holland, 1988.
- KAUFFMAN, S. *At Home in the Universe: The Search for the Laws of Self Organization and Complexity*. New York: Oxford University Press, 1995.
- MATURANA, H.R., VARELA, F. J. *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Dordrecht: D. Reidel, 1980.
- NAESS, A. Deep ecology and ultimate premises. *Ecologist*, n. 18, p. 128-131, 1988.
- ODUM, E.P. The strategy of ecosystem development. *Science*, n. 164, p. 262-270, 1969.
- ODUM, H.T. Ecological potential and analogue circuits for the ecosystem. *American Scientist*, n. 48, p. 1-8, 1960.
- POPPER, K.R. *A World of Propensities*. Bristol: Thoemmes, 1990.
- ROSEN, R. Information and complexity. In: ULANOWICZ, R. E, PLATT, T. (eds.). *Ecosystem Theory for Biological Oceanography. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences* n. 213, p. 221-233, 1985.
- SAGOFF, M. Muddle or muddle through?: Takings jurisprudence meets the Endangered Species Act. *William and Mary Law Review*, v. 38, n. 3, p. 825-993, 1997.
- SALTHER, S.N. *Evolving Hierarchical Systems: Their Structure and Representation*. New York: Columbia University Press, 1985.
- SALTHER, S.N. *Development and Evolution: Complexity and Change in Biology*. Cambridge: MIT Press, 1993.
- SCHOENER, T.W. Mechanistic approaches to ecology: A new reductionsim? *American Zoologist* n. 26, p. 81-106, 1986.
- SEARS, P.B.. Ecology – a subversive subject. *BioScience*, v. 14, n. 7, p. 11-13, 1964.
- SHRADER-FRECHETTE, K.S., MCCOY, E.D. *Method in Ecology: Strategies for Conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- SIMBERLOFF, D. A succession of paradigms in ecology: Essentialism to materialism and probabilism. *Synthese*, n. 43, p. 3-39, 1980.
- SMUTS, J.C. (1926). *Holism and Evolution*. New York: MacMillan. 362p.
- ULANOWICZ, R.E. Utricularia's secret: The advantages of positive feedback in oligotrophic environments. *Ecological Modelling*, n. 79, p. 49-57, 1995.
- ULANOWICZ, R.E. *Ecology, the Ascendent Perspective*. New York: Columbia University Press, 1997.
- ULANOWICZ, R.E. Life after Newton: An ecological metaphysic. *BioSystems*, n. 50, p. 127-142, 1999.
- ULANOWICZ, R.E., NORDEN, J. S. Symmetrical overhead in flow networks. *International Journal of Systems Science*, n. 1, p. 429-437, 1990.

O CONCEITO DE *NATUREZA* NA HISTÓRIA DO PENSAMENTO OCIDENTAL *

Thomas Kesselring * *

RESUMO

O autor traça a história do conceito de Natureza, no Ocidente, cobrindo o período que vai da Antiguidade grega até o final do século XX. São identificadas cinco fases: Antiguidade grega, Idade Média, primeira fase da Modernidade, segunda fase da Modernidade (século XIX e início do século XX) e últimas décadas do século XX. Em cada uma dessas fases, o autor discute quatro aspectos: o lugar do homem na Natureza; a praxis humana em relação à Natureza; a autoconcepção das Ciências Naturais; o triângulo Deus-Homem-Natureza. No final, é feita uma discussão acerca das relações entre a Ciência e a Tecnologia, no que concerne aos problemas que advêm de alguns entendimentos equivocados acerca do darwinismo e da exploração indiscriminada da Natureza.

Palavras-chave: Natureza; história das idéias; ciência e tecnologia; darwinismo; meio ambiente.

THE CONCEPT OF NATURE IN THE HISTORY OF THE WESTERN THOUGHT

The author traces back the History of the concept of Nature, from the greeks to the last decades of our century. He identifies five periods: the greeks, Middle Ages, beginning of Modernity, late Modernity and last decades of XX Century. For each one, the author discusses four questions: the place of Man in Nature; the human praxis about Nature; the autoconcept os Nature Sciences; the traingle God-Man-Nature. In the last part, it is made a discussion about the relation Science-Technology, concerning the problems of the mistaken uses of drawinism and indiscriminate exploitation of Nature.

Key words: Nature; history of ideas; science and technology; Darwinism; environment.

*Este texto foi escrito em 1990, quando o Dr. Thomas Kesselring era professor visitante no Departamento de Filosofia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IFCH/UFRGS). Dado que, naquela época, o domínio que o autor tinha do idioma português era relativamente precário, esse texto foi inteiramente revisto – e até mesmo reescrito em vários trechos – por Alfredo Veiga-Neto, professor no Programa de Pós-Graduação em Educação/FACED/UFRGS, em Porto Alegre; RS, Brasil (alfredoveiganeto@uol.com.br) Transcorrida uma década, constata-se a importância e a completa atualidade das discussões que o autor desenvolve neste texto.

**Thomas Kesselring é filósofo e atualmente trabalha em Berna (Suíça). E-mail: kesselring@gmx.ch

A hostilidade contra a Ciência e a Técnica, hoje tão comum, está relacionada ao fato preocupante de que a Natureza está sendo degradada e destruída há décadas. Não são poucos os que atribuem essa deterioração do nosso meio ambiente à Tecnologia e as Ciências Naturais. Mas, afinal, que tem a Ciência a ver com isso?

A Filosofia pode – e deve –, pelo menos, refletir sobre isso e elucidar o desenvolvimento da Técnica e das Ciências Naturais. Ela pode mostrar as mudanças e transformações que o conceito de Natureza assumiu no decorrer dos séculos. Como pode essa reflexão ajudar para a solução dos problemas ecológicos atuais?

Não há, evidentemente, como voltar a uma visão do mundo que está definitivamente superada. No entanto, a consciência de que as nossas concepções atuais de Natureza não são as únicas nem são evidentes, e a descoberta de outras concepções possíveis talvez possam inspirar a procura de alternativas. Teríamos, por exemplo, uma relativização da nossa visão de Natureza com o estudo de culturas indígenas, bem como de filosofias orientais. Isso está, no entanto, além das minhas capacidades e não é o tema deste artigo.

Proponho que nos concentremos realmente na História ocidental do conceito de Natureza e consideremos mais de perto cinco fases dessa História; a saber: a época grega, a época medieval (especialmente na sua fase tardia), os tempos modernos (séculos XVI e XVII), o século XIX e, finalmente, a visão contemporânea. É claro que não há como tratar, aqui, de tudo isso em detalhe. Assim, peço desculpas pela seleção que terei de fazer e por todas as omissões e recortes, inclusive de aspectos importantes do tema.

Pretendo abordar quatro aspectos: 1) o lugar do Homem na Natureza; 2) a atitude (*praxis*) humana em relação à Natureza; 3) a autoconcepção das Ciências Naturais; 4) o triângulo Deus-Homem-Natureza.

Antecipadamente, gostaria de lembrar que o conceito de *Natureza* provém do latim: “*natura*”, palavra relacionada a “*nasci*” que pode ser traduzida por “ser nato”. A raiz indogermânica dessas palavras é *gen*. Outras palavras de mesma raiz são, por exemplo: “*gignere*” (nascer, resultar), “*gyné*” (“mulher”, em grego) e “*Kind*” (“criança”, em alemão). A raiz *gen* está quase onipresente também na língua portuguesa. Lembro algumas palavras como “*gênese*”, “*gene*”, “*gênero*”, “*generosidade*”, “*gênio*”, “*genitor*”, “*genro*”, etc. A raiz *gen* tem, então, o significado básico de “nascer”, “ser nato”, “resultar”.

Existe outra raiz indogermânica – *gno* – da qual provém as palavras portuguesas “conhecer”, “conhecimento”, “consciência”, bem como palavras provindas do latim, como ignorar”, “cognitivo”, “gnose”, etc.

Por enquanto, a lingüística não conseguiu mostrar nem uma proveniência idêntica dessas duas raízes nem uma proveniência diferente.¹ Em qualquer caso, a hipótese da origem igual ainda não foi descartada.

¹Informações do Prof. Georges Redard, da Universidade de Berna.

No hebraico, existe uma palavra – *j-d-* – que, ao mesmo tempo, significa “conhecer” e “procriar” (“gerar”).

O significado original em ambos os troncos lingüísticos subjacentes à família de palavras como “conhecer” e aquela de conceitos como “natureza” ou “gênese”, então, talvez seja o mesmo. Essa idéia me parece ser algo atraente pois, segundo ela, os processos da Natureza e os processos cognitivos são aparentados, uns com os outros. Hoje, ao contrário, os processos mais sérios que se estabelecem contra a Natureza provêm do próprio conhecimento científico da Natureza e das suas aplicações.²

I

Retrocedamos, agora, à época da Antigüidade grega. Ela começou por volta do século VI a.C. e durou até a cristianização do Ocidente, a partir do século III d.C. Não é possível recapitular todo esse milênio. Vou me restringir, essencialmente, à época clássica grega.

Segundo os gregos, o conceito de Natureza (*physis*) é contraposto ao conceito de Arte e Artesanato (*téchne*). A palavra grega *téchne* designa a capacidade humana de construir coisas, como casas, instrumentos, esculturas. Por outro lado, o conceito *physis* representa o cosmo, o universo e tudo o que existe.³ Da palavra *physis* provém o conceito moderno “física”. O verbo correspondente é *phyein*, que significa “crescer”, não no sentido de se tornar cada vez maior (num sentido quantitativo), mas sim no sentido de um processo qualitativo; *phyein* significa tornar-se “visível”.⁴ Processos como “enfraquecer”, “murchar”, “aniquilar” também fazem parte da Natureza, pois sem a decomposição não pode surgir nada de novo.

Para os gregos, o paradigma da *physis* era a vida orgânica. Esse é o primeiro caráter desse conceito. Não foi por acaso que muitos filósofos gregos usaram esse paradigma quando trataram do Estado ou do cosmos. A imagem arquetípica do Estado e do cosmos era o organismo. A Natureza era vista, além disso, como um processo circular, um processo de surgir e desvanecer. Esse é o segundo caráter do conceito de *physis*. As estrelas aparecem e desaparecem, sobem e descem no céu; os seres vivos nascem, crescem, envelhecem e morrem. Surgir e desvanecer são processos temporais, mas a dimensão temporal não importa. O que conta é a repetição de processos sempre semelhantes. Como se sabe, o conceito de círculo – em grego,

²Cf. a tese de G. Picht (*Der Begriff der Natur und seine Geschichte*, Stuttgart, 1989, p.9), segundo a qual “a Humanidade hoje corre o perigo de destruir a Natureza mediante as Ciências Naturais”. As Ciências da Natureza “destroem a Natureza pelo fato de que a essência da Natureza não pertence aos objetivos da pesquisa daquelas Ciências” (p.5).

³Picht, *op. cit.*, p. 55. Com isso, o conceito de *physis* torna-se sinônimo do conceito de *kosmos*. Cf. Collingwood, *The idea of Nature*, Oxford, 1945, p.43. Collingwood salienta o fato de que esse significado ainda não existia nos pré-socráticos.

⁴Picht, *op. cit.*, p. 56.

kyklós – é uma noção-chave. Segundo Platão, as estrelas fixas e os planetas giram em esferas cristalinas em torno da Terra (Ptolomeu junta epiciclos a essas esferas, o que em nada altera a idéia central dos gregos). Como os processos nos céus, os processos terrestres foram representados como epiciclos; surgir e desvanecer: tudo se repete eternamente. Numa tal cosmologia, não há evolução de espécies biológicas, nem evolução das estrelas. A própria Natureza é eterna, isso é, não criada e imperecível.⁵ Não há um criador da Natureza, pois essa mesma é o princípio daquilo que surge e desaparece.

A essas duas características da *physis*, se acresce uma terceira que, em um certo sentido, é mais específica. Segundo a filosofia grega, existe algo que é a *physis* – a Natureza, a essência, o princípio – de cada ser singular.⁶ Os filósofos jônicos tentaram determinar essa essência e, no começo a procuraram em algo material. Tales pensou na água; Anaximenes, no vapor ou no ar. Heráclito superou o plano material e propôs, como essência das coisas, a briga ou a guerra. Pitágoras, por volta do século V a.C., foi um grande revolucionário, ensinando que o princípio – a *physis* – de todos os seres era a estrutura geométrica ou o número. Um dos seus paradigmas era a relação entre os comprimento de cordas vibrantes harmonicamente, e à qual corresponde uma relação entre números inteiros. Da mesma maneira, os pitagóricos buscavam, assim, representar todas as relações que se encontram na Natureza, como a harmonia das esferas astronômicas, uma harmonia não-audível que provém do movimento diferencial das esferas que giram ao redor da Terra.

O pensamento de Platão (427a.C.–347a.C.) foi também forjado pela Matemática. Platão seguiu e levou adiante o caminho pitagórico. Através dele, as idéias da Escola de Pitágoras entraram no pensamento científico moderno. Se hoje explicamos a água como a composição de dois átomos de Hidrogênio com um átomo de Oxigênio,⁷ nós estamos seguindo as pistas abertas por Pitágoras.

Antes de concluir com os gregos, vale a pena fazer uma referência a Aristóteles (384a.C.–322a.C.). Segundo ele, a *physis* é o princípio de movimento e repouso inerente a todas as coisas. Graças a esse princípio, cada ser aspira ao seu lugar natural: objetos pesados tendem para baixo, objetos leves (como o fogo) tendem para cima. Nos seres vivos, o princípio do movimento é a *psyche*, a alma. Visto que ela é imaterial, os aristotélicos chamaram a alma de “forma corporis”. Enquanto princípio da vida, a alma é, ao mesmo tempo, o princípio das capacidades e qualidades específicas de cada ser vivo. Os movimentos das plantas são o crescer e o murchar: a planta tem uma alma vegetativa. Animais e homens podem se movimentar, deslocar-se de lugar em lugar; eles têm impulsos e inclinações, sentem necessidades, etc.; isso tudo é possível graças à sua alma apetitiva, o *thymós*. Além de tudo isso, o Homem possui

⁵Picht, *op. cit.*, p. 114.

⁶Collingwood, *op. cit.*, p. 29, p. 43.

⁷Exemplo de Collingwood, *op. cit.*, p. 53.

uma alma racional, isso é, o homem é capaz de pensar e planejar suas ações.⁸ Entre outras capacidades, ter a competência de compreender cientificamente a Natureza faz parte da razão. A possibilidade da Ciência e do conhecimento na Natureza pertencem, então, à natureza humana.

Aristóteles distingue três planos diferentes da realidade e, em correspondência com isso, três espécies de Ciência (*episteme*).⁹ A Ciência da Natureza – *ta physika* –, a Matemática – *ta mathematika* – e a metafísica – *ta meta ta physika*. A Física indaga as causas das transformações e dos movimentos na realidade material. A Matemática abstém-se de toda transformação, de todo movimento e de toda matéria. Ela tem a ver com o que é imutável, por exemplo: as proporções aritméticas da harmonia musical ou os fatos astronômicos, pois os gregos tomaram os objetos do céu como imutáveis.¹⁰ A Metafísica, finalmente, abstém-se até das leis matemáticas e indaga acerca dos princípios gerais daquilo que existe. A Ciência, no sentido estrito, lida com os princípios imutáveis da Natureza, e, graças à sua razão (*nous*), o Homem tem acesso direto a esses princípios.

O pensamento medieval foi enormemente influenciado por Aristóteles. Não foi por acaso que os árabes chamaram Aristóteles, pura e simplesmente, de *o filósofo*.

II

Chegamos, agora, à segunda fase: a Idade Média. Ao tratar dela, vou me restringir ao Ocidente cristão. É principalmente através da tradição bíblica que surgem novos aspectos da concepção de Natureza. Essa tradição baseia-se em raízes do Antigo Testamento, ou seja, em raízes orientais. Não vou entrar nelas. Segundo a tradição cristã, a Natureza é o âmbito da *criação*. Daí se segue, por um lado, que o mundo tem um início e um fim; por outro lado, que o mundo não surgiu espontaneamente, por si mesmo. Existe um criador, mas esse criador não faz parte do mundo, não reside *dentro* da Natureza.¹¹ Assim, essa cosmologia cristã não convive bem com a cosmologia antiga, não se ajusta muito a ela, segundo a qual nada existe fora da Natureza.

Especialmente a partir do século XII, impõe-se a questão da relação entre a sabedoria grega (*sophia*) e a verdade cristã, pois no século XII as obras de Aristóteles tornaram-se gradualmente conhecidas e foram traduzidas, parcialmente a partir do árabe, para o latim. Entre os pensadores que lutaram para conseguir fazer uma síntese entre o pensamento grego e a convicção cristã, o mais eminente foi São Tomaz de Aquino (1225/6-1274). A idéia aristotélica, segundo a qual a Natureza é o princípio

⁸Aristóteles, *Ética a Nicómaco*, VI, 1139a 3-14. Cf. também *Da alma*, 417b 23-30.

⁹Aristóteles, *Metafísica* K, especialmente 1061a 29, 1061b 12, 1061b 18-33.

¹⁰Aristóteles assumiu que as espécies e famílias biológicas eram imutáveis.

¹¹Picht, *op. cit.*, p. 58.

interno de movimento e repouso, convenceu muitos medievais e foi defendida por muitos pensadores eminentes.¹² Por razões óbvias, no entanto, foi acrescentado que quem atribui a cada ser a sua determinação individual, isso é, a sua *physis*, é Deus. Com isso, mudou a imagem da Natureza fora do Homem, assim como a imagem da Natureza dentro do Homem.

Por um lado, a doutrina Aristotélica, segundo a qual a possibilidade de o Homem aperfeiçoar-se submetendo seus impulsos e suas paixões à razão, foi sendo colocada num fundamento cristão. Por outro lado, a Natureza inteira foi igualada ao âmbito da criação: nela manifestam-se a bondade e a sabedoria divinas. Como o texto da Bíblia, a Natureza tornou-se testemunho da revelação – daí provém a metáfora do “Livro da Natureza”, que ainda foi usada mais tarde. O conceito de Natureza adquiriu, assim, um componente *normativo* que se manifestou, por exemplo, na convicção de que a Arte deveria imitar a Natureza.¹³ Sem essa implicação normativa no conceito medieval de Natureza, a discussão sobre o direito natural no começo da Idade Moderna – como em Hugo Grotius (1583–1655) – permaneceria incompreensível. E sem a idéia do direito natural não haveria a idéia moderna dos direitos humanos, isso é, direitos que competem, *por natureza*, a cada ser humano.

III

Para compreender o conceito de Natureza na primeira fase da Idade Moderna, deve-se considerar três pontos: 1) algumas heranças do pensamento teológico da Idade Média; 2) o fato de a Antigüidade ter sido redescoberta no século XV (o que marca o humanismo da época); 3) o aprofundamento de uma *tradição experimental na pesquisa científica sobre a Natureza*, tradição essa que se formara por volta do século XIII.

Vou começar por esse último ponto: na Antigüidade e na Idade Média, o experimento na Ciência não era comum. Pelo contrário, o uso do experimento – por exemplo: em Arquimedes ou Harão de Alexandria – era excepcional. A importância da experimentação cresceu, durante a Idade Média, em tradições mágicas e ocultas.¹⁴ Não foi apenas Francis Bacon (1561–1626) quem propagou, como fim das Ciências Naturais e experimentais, a aspiração de poder sobre a Natureza; já antes dele, Roger Bacon (1214–1292) havia feito isso.¹⁵ Por volta do século XVI – isso é, na época de Descartes e Galileu – essa concepção de Ciência Natural impôs-se quase de modo

¹²Por exemplo: S. Tomaz de Aquino, Duns Scoto e William de Ockam.

¹³Originalmente, é um lugar-comum, nos estoicos, o fato de a imitação da Natureza caber à Arte. Em Nicolau Cusano (*De veneratione sapientiae*, 5, Paris: Opera, 1514, fol. 202), Deus é o fundamento da Natureza, assim como a Arte. Veja H. Blumenberg, *Nachahmung der Natur: zur Vorgeschichte der Idee von schöpferischen Menschen*. In: *Studium Generale* 10 (1957), p. 266-283.

¹⁴A.C. Crombie, *Augustine to Galileo*, 1959. Ed. alemã, München, 1977, p. 48ss.

¹⁵A.C. Crombie, *op. cit.*, p. 50.

geral, e desde então as aplicações técnicas das Ciências Naturais transformaram a superfície da Terra em velocidade crescente.

O segundo fator decisivo para o surgimento das Ciências Naturais modernas foi, no século XV, o estudo intensivo da literatura antiga. Isso pode parecer paradoxal, pois o estudo literário dos humanistas não aconteceu por motivos ligados às Ciências Naturais. Mesmo assim, o Humanismo teve bastante influência na concepção das Ciências Naturais modernas, pois ele contribuiu para a redescoberta de Platão, cuja obra em sua maior parte era desconhecida na Idade Média. No ano de 1428, Aurispa foi buscar em Constantinopla o texto grego integral dos escritos de Platão e os trouxe para Veneza. A recepção desses textos teve um grande impacto no pensamento europeu na época, e possibilitou o auge do platonismo no começo da Idade Moderna.

Como mencionei antes, a filosofia de Platão era nitidamente orientada pela Matemática. Diz-se que em cima da entrada da academia fundada por Platão estava escrita a frase: “Sem conhecimentos de geometria, ninguém entre”.¹⁶ Sob influência da corrente platônica do século XV, um clérigo alemão escreveu um pequeno livro no qual ele difunde a concepção de Natureza sob uma perspectiva quantitativa. O autor foi um dos cérebros mais especulativos entre Platão e Hegel: Nicolau Cusano (1401–1464). A obra na qual ele vislumbrou a Nova Ciência tem como título *Idiota. De staticis experimentis (O laico. Sobre experiências com a balança)*. Permitam que eu faça, aqui, algumas citações tiradas daquele pequeno livro:

Creio que podemos nos aproximar dos mistérios das coisas, se considerarmos as diferenças do peso. [...] Se nós contássemos cem aspirações (fôlegos) de um menino e a mesma quantia de um velhinho, deixando correr água através de um relógio, então as quantidades de água não mostrariam pesos iguais. A divisa do que está escrito é a seguinte: medir o que se pode medir e tornar mensurável aquilo que não o é.¹⁷

O autor pensa em coisas tão distintas como movimentos de corpos celestes, inclinação e aversão em animais e seres humanos, caráter humano, saúde e doença e até a leviandade e seriedade, prudência e ingenuidade.¹⁸ Com outras palavras, Nicolo Cusano esboça um programa da Ciência Natural moderna. E isso, um século e meio antes de Galileu!

O renascimento do pensamento platônico deixou seus vestígios no século XVI – especialmente em Copérnico (1473–1543) – e no começo do século XVII – especialmente em Kepler (1571–1630) – e, assim, se mostrou um fator decisivo na

¹⁶A.C. Crombie, *op. cit.*, p. 5s.; Thomas Kuhn, *The Copernican Revolution*. Harvard Univ. Press, cap.4.

¹⁷J. Hemleben, *Das haben wir icht gewollt. Sinn und Tragik der Naturwissenschaft*. Frankfurt, 1981, p.26-29.

¹⁸J. Hemleben, *op. cit.*, p. 28.

imposição da visão heliocêntrica do mundo. Pois na filosofia platônica, o sol é um símbolo central: o sol é a fonte da vida e, como tal, representa para Platão a idéia suprema, a idéia do *bem*. A representação de que o sol, e não a Terra, está localizado no centro do universo era natural para os platônicos.¹⁹ Outro critério platônico que influenciou Copérnico e Kepler foi o da simplicidade matemática: a obra científica de Copérnico almejou a busca de uma explicação matematicamente simples das trajetórias dos planetas; uma explicação que fosse, no mínimo, menos complicada do que a de Ptolomeu. Quanto a Kepler, a idéia platônica do círculo como figura perfeita era tão arraigada no seu pensamento que ele baseou seus cálculos das trajetórias dos planetas, na forma circular, durante muito tempo, antes de abandonar essa convicção em favor de um modelo menos elementar – o modelo das trajetórias elípticas. Inspirado em Platão e Pitágoras, Kepler tentou, aliás, explicar as distâncias entre as trajetórias dos cinco planetas segundo a idéia do encaixe dos cinco corpos platônicos: tetraedro, cubo, octaedro, dodecaedro e icosaedro.

O terceiro elemento que desempenhou um certo papel no surgimento das Ciências Naturais foi o fato de que o pensamento cristão medieval continuava agindo na primeira fase dos tempos modernos. Assim, por exemplo, a idéia cristã da criação ainda preponderava fortemente. Nos séculos XVI e XVII, Deus ainda permanecia como instância exterior à Natureza, e a idéia de que Deus não apenas criara o mundo, mas continuava mexendo nele sempre que isso fosse necessário, era bastante disseminada. Até Isaac Newton, o herói da Física clássica, salientou na sua obra *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (publicada em 1687) que Deus deveria repor, de vez em quando, os planetas nas suas respectivas trajetórias, quando perdessem o seu impulso.²⁰

As Ciências modernas andaram nos rastros da Teologia medieval também num outro sentido, até mais elementar: elas herdaram a suposição teológica de um *determinismo* geral e contínuo. Sem dúvida, a convicção de que cada evento natural tem a sua causa suficiente é bem confirmada em nossa experiência diária. Não se pode, portanto, *demonstrar* que todos os eventos, *desde sempre*, têm causa determinadas que os moldam não apenas parcialmente, mas sim *integralmente*.²¹ Essa convicção tem, indubitavelmente, raízes teológicas. Na cosmologia cristã, Deus, enquanto criador e preservador da criação, é a última causa, a causa integralmente contínua de todos os processos naturais.

Na Idade Moderna, porém, esse papel foi sendo cada vez mais tirado das “mãos de Deus” e assumido pelas leis naturais. No início do século XIX – pouco mais de um século depois de Newton ter invocado Deus para mexer nas engrenagens

¹⁹Th. Kuhn, *op. cit.*, cap. 4.

²⁰I. Newton, *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (1687). Ed. alemã, Berlim, 1872, p.508-511.

²¹Th. Kesselring, *Freiheit und Determinismus in der Nachfolge Kants*. Philosophisches Jahrbuch, 1989, p. 52-67.

do mundo –, Laplace costumava responder assim à questão de Deus: “Je n’ai pas besoin de cette hypothèse”. Com ele, aperfeiçoa-se o determinismo mecânico das Ciências Naturais. Famosas, nesse sentido, são as seguintes sentenças do seu *Essai philosophique sur les probabilités*:

Se uma inteligência conhecesse, para um instante dado, todas as forças com as quais a Natureza é animada, e a situação respectiva dos seres que a compõem, e se, além disso, ela fosse bastante abrangente para submeter esses dados à análise e compreender, na mesma fórmula, os movimentos dos corpos maiores do universo, assim como o átomo mais leve: para uma tal inteligência nada seria incerto e o futuro, assim como o passado, estariam diante de seus olhos.²²

Pela cosmologia determinista, da qual essa citação de Laplace é testemunha, o universo aparece como um grande aparelho mecânico. Com isso, levanta-se a questão acerca do lugar ocupado pelo Homem. A partir do século XVII, o Homem está sendo representado também como uma máquina. O filósofo holandês Geulincx (1625-1669) o comparou a um relógio com os ponteiros sincronizados em dois mostradores que representam corpo e espírito.²³ Em 1748, La Mettrie (1709-1751) provocou os seus contemporâneos com o seu escrito sobre *L’homme machine*. Já no século anterior, em 1651, Thomas Hobbes (1588-1679) desenhara na sua obra principal, *O Leviatã*, a imagem de um homem que funciona mecanicamente e que se deixa dirigir por influência quase mecânica.

Esses são alguns exemplos – que me parecem suficientes – das raízes teológicas do determinismo moderno. Mas o determinismo não é o único elemento que mostra a herança teológica do pensamento moderno. Um outro aspecto dessa herança é a relação entre Deus e a Natureza. Como mencionei antes, a Idade Média pensava em Deus como um criador cuja posição está fora da Natureza e anterior a ela. Essa concepção continua valendo na Idade Moderna. No entanto, o próprio Homem, cujo lugar, durante a Idade Média, estava situado dentro da Natureza – como essa, o Homem teria sido criado por Deus –, começou a assumir uma posição externa à Natureza, uma posição quase divina. Ele abandona a sua menoridade e eleva-se como dono da Natureza, como seu dominador. A Natureza que, antes, era o âmbito da criação, torna-se objeto dele: objeto de sua Ciência e da sua manipulação. A divisão cartesiana do mundo em duas partes – a *res extensa* (mundo dos corpos materiais) e a *res cogitans* (mundo do pensamento) – é sintomática da cisão entre o Homem e a Natureza. Segundo esse esquema, a Natureza restringe-se à parte da *res extensa*. O pensamento, por outro lado, não pertence à Natureza. A convicção aristotélica de que os princípios que regem a Natureza são abertos ao *logos* humano não faz mais sentido

²²P. S. Laplace, *Essai philosophique sur les probabilités*. Paris, 1814. p.2.

²³Segundo G Vollmer, *Was können wir wissen?* v.1: *Die Natur der Erkenntnis*. Stuttgart, 1985, p.111.

na cosmologia cartesiana.²⁴ No esquema cartesiano torna-se duvidoso até a questão se o Homem consegue conhecer a realidade de forma correta. Pois o mundo é bipartido, a *res extensa* e a *res cogitans* não estão em contato uma com a outra. Descartes deve recorrer à benevolência divina para explicar por que o conhecimento científico não nos ilude.

A saída do Homem da sua menoridade na Idade Moderna, aliás, a longo prazo tem a consequência de que, finalmente, as posições de Deus e do Homem se invertem: a razão humana não está mais representada segundo o modelo da razão divina, mas, ao contrário, uma está representada pela outra. Isso tem um bom exemplo naquilo que Laplace denomina “inteligência quase divina”, a saber, uma inteligência que sabe calcular na maneira de um cientista natural, mas com uma velocidade demoníaca – que hoje chamaríamos de “velocidade eletrônica”...

A situação solitária do Homem moderno, fora e além da Natureza e abandonado por Deus – de cuja posição ele apoderou-se²⁵ –, evidencia-se, finalmente, num outro aspecto. Visto que, segundo o determinismo mecânico que domina cada vez mais o pensamento filosófico a partir do século XVII, todos os eventos estão determinados inteiramente por leis naturais e condições antecedentes, a liberdade coloca-se fora da Natureza. Não faz diferença se nós dizemos que o Homem não pode mexer nas cadeias causais – pois o encadeamento entre causas e efeitos é contínuo e denso –, ou se nós dizemos que o agir e o pensar humanos são totalmente determinados por cadeias causais. Em qualquer caso, chegamos ao resultado de que nós apenas parecemos ser livres. Pois nosso agir, nosso querer e planejar, ou acontecem fora da Natureza física ou nós somos apenas marionetes da causalidade natural.²⁶ Na tradição filosófica da Idade Moderna, então, a liberdade *ou* está negada (como dizem Hobbes, o empirismo inglês, o behaviorismo contemporâneo) *ou* está banida para um mundo ideal, fora e além da Natureza (como sugerem Descartes e, mais ainda, Kant). O Homem *ou* é inteiramente Natureza – o que significa que ele é pura e simplesmente um objeto entregue às leis naturais e, assim, não tem livre arbítrio – *ou*, ao contrário, ele é também um *sujeito* mas, enquanto tal, reside fora da Natureza, sem qualquer possibilidade de mexer nela.

Com a Nova Ciência, cresce de forma inédita a quantidade de conhecimentos e possibilidades técnicas. No final do século XV, o Novo Mundo foi descoberto; logo depois, Magalhães navegou em torno da Terra e, partir daí, ela tornou-se inteiramente

²⁴Picht, *op. cit.*, p. 106, 109, 116.

²⁵Espinoza e os representantes do idealismo alemão rebelaram-se contra essa concepção. Schelling usou a tentativa de ligar com a idéia grega de *physis* (Natureza). Para ele, a Natureza era uma espécie de sujeito inconsciente de si mesmo, cuja produção, em contraposição à produção humana, ocorre inconscientemente. Quanto à elaboração concreta de sua filosofia de Natureza, Schelling fez uma má figura, visto que o conhecimento que ele tinha das Ciências era bastante modesto.

²⁶No essencial, essa é a alternativa que Kant expôs na terceira antinomia da sua primeira crítica.

disponível. No entanto, o preço intelectual e psicológico desse ganho não deve ser subestimado.²⁷ Com a descoberta de outras culturas, a autoconsciência europeia/ocidental vê-se relativizada. Até a representação do Universo como uma máquina tem algo de masoquista. Ainda mais abalada, chocada e esbofeteada ficou a autoconsciência humana quando reconheceu mais tarde que nós somos uma máquina fisiológica não livre; e a idéia hobbessiana de que essa máquina é, também, um aparelho calculável não serve como um mínimo consolo. As descobertas astronômicas feitas depois de Copérnico ajudaram a relativizar a posição humana no cosmos. As ontologias antiga e cristã medieval desapareceram e não existem mais como medida de comparação. O progresso trazido pela nova cosmologia é, aparentemente, muito grande para que essa possa ser colocada em dúvida. A obra de Laplace mostra que a religião perdeu a sua função dentro das Ciências Naturais – com exceção da Biologia, na qual a religião sob a forma de uma Teologia Natural continuaria a desempenhar um certo papel até meados do século XIX.²⁸ A Filosofia, que no século XVII estava inseparavelmente ligada às Ciências Naturais – o próprio Newton chamava a sua teoria de *Filosofia da Natureza* –, também perde cada vez mais a sua importância em favor da Ciência.

A Filosofia continua – como Kant já o havia feito – indagando acerca das condições e da possibilidade do conhecimento natural, ou apontando a antinomia entre liberdade e determinismo, na qual o Homem tem se emaranhado. A contradição que existe entre, de um lado, o *dever* que tem o Homem de mexer na Natureza para indagar sobre as leis naturais através do experimento, e, de outro lado, a sua *impossibilidade* de, a rigor, mexer nos eventos naturais – visto que esses estariam determinados desde sempre e continuamente²⁹ –, é visível só para quem olha a partir da torre de marfim que é a Filosofia. E mesmo assim, o transcurso da Ciência o Homem não consegue deter.

IV

Várias vezes já fiz referência a Kant e até citei Laplace. Com isso, inopinadamente ou não, chegamos ao limiar do século XIX. Entrarei, então, na discussão sobre ele.

Importa lembrar, antes de tudo, três fatores que contribuíram para uma tremenda transformação posterior no conceito de Natureza e de processos naturais: 1) a aceitação geral da Teoria da Evolução; 2) o descobrimento do acaso nas teorias sobre a Natureza e 3) a Segunda lei da Termodinâmica.

Vejamos o primeiro ponto. As implicações da teoria da descendência conduziram, mais uma vez, a uma relativização do posicionamento do Homem dentro da Natureza.

²⁷Hannah Arendt (*Vita Activa*, München, 1981, p.244-252) menciona a alienação como sinal dos tempos modernos.

²⁸C.C. Gillispie, *Genesis and Geology*. Massachussets: Cambridge, 1951. p.15.

²⁹Picht, *op. cit.*, p. 91.

Quanto ao êxito de Darwin, costuma-se falar numa *segunda revolução copernicana*.³⁰ Depois de ter perdido a sua posição privilegiada no centro do Universo com o estabelecimento da cosmologia copernicana, o Homem perdeu, agora, a sua prioridade ontológica em relação aos animais e às plantas. Enquanto espécie gerada pela evolução, o Homem é um *produto* da Natureza.

Em segundo lugar, menciono um fator que gostaria de chamar de descobrimento, feito pelas Ciências: o acaso das teorias naturais.³¹ Processos causais põem em questão a opinião segundo a qual todos os eventos são dirigidos ou governados por leis naturais gerais e invariáveis. Evidentemente, o resultado de uma jogada com um dado é determinado. É decisivo, no entanto, que cada jogada independe de todas as jogadas anteriores e que entre elas não existe nenhum vínculo determinante. Pode-se detectar uma regularidade com respeito, tão-somente, a coletivos de eventos: *a longo prazo*, o número de jogadas das quais resulta o número 6 igualar-se-á ao número de jogadas das quais resultam os números 2, 3, etc. A lei dos grandes números não valeria se entre os eventos particulares existisse um nexos causal. Por isso, a lei dos grandes números não se coaduna com a condição do determinismo mecânico. Tal concepção foi, no entanto, difundida e, ao mesmo tempo, diluída, no século XIX, quando as leis da probabilidade e as leis estatísticas entraram na Física e ampliaram as leis da Mecânica.

Nesse ponto da minha argumentação, pode-se fazer com facilidade uma objeção: para colocar em questão a validade geral do determinismo mecânico, deve-se recorrer a um exemplo melhor do que esse das jogadas de dados, pois cada jogada, em si mesma, é um processo quase mecânico – processo do qual nós não conhecemos os determinantes e as interações entre eles, de modo detalhado. A jogada com o dado é, então, o exemplo de um *acaso determinado*. A mesma coisa, aliás, vale para a roda da fortuna e para as demais máquinas que geram efeitos casuais.

Houve, no entanto, várias descobertas surpreendentes, no século XIX, que puseram em relevo o acaso e o seu papel na Natureza. Em 1827, o biólogo inglês Robert Brown (1773-1858) observou que pequenas partículas imersas em líquidos vibravam e se deslocavam de maneira irregular. Esse movimento, que leva o nome do seu descobridor, é causado pelos choques moleculares. Em 1896, Henri Becquerel (1852-1908) descobriu a radiatividade do Urânio e, com isso, e desintegração atômica. Na desintegração natural dos átomos, a decomposição de cada átomo singular ocorre independentemente da decomposição dos outros átomos. Essa independência é do

³⁰Esse é um fio condutor de G. Vollmer. Veja suas obras *Evolutionäre Erkenntnistheorie*. Stuttgart, 1983. p.171 e *Was können wir wissen?*, v.1, Stuttgart, 1985, p.40, p. 71, p. 320. Veja, também, a crítica de E.-M. Engels, *Erkenntnis als Anpassung?* Frankfurt, 1989, p. 372. Já em 1884, o fisiólogo alemão E. Du Bois-Reymond chamara Darwin de “Copérnico do mundo orgânico (E. Du Bois-Reymond, *Darwin und Kopernicus*, em *Drei Reden*. Leipzig, 1884. p. 47-56.

³¹Cf. Ian Hacking, *The emergence of Probability*. Cambridge Univ. Press, 1975; L. Krüger, L. J. Daston, M. Heidelberger, *The Probabilistic Revolution*, v.1 & 2. Massachussets: Cambridge, 1987.

mesmo tipo daquela do jogo de dados. Em contraposição ao jogo de dados, a desintegração atômica não pode ser influenciada de fora. Pode-se afirmar apenas proposições estatísticas, como aquela segundo a qual a metade dos isótopos 14 do Carbono, por exemplo, decai em 5730 anos, ou a metade dos isótopos do Plutônio decai em 24360 anos.

Já no século XIX – e não apenas no século XX –, foi articulada a crítica contra a convicção de que o determinismo mecânico tem validade universal. Por vários motivos, autores das mais diferentes proveniências representam o que se pode chamar de posição *indeterminista*.³² Segundo eles, o acaso e a probabilidade não são devidos tão-somente ao fato de ser incompleta a nossa informação quanto aos determinantes de processos naturais. Ao contrário, ao invés de tais processos serem intrínseca e completamente determinados, o acaso e a probabilidade são inerentes à própria Natureza.

Outro ramo das Ciências Naturais no qual se recorre ao acaso é a explicação darwinista dos mecanismos da evolução biológica (variação e seleção). Segundo a reformulação neodarwinista, a variação não é mais do que o resultado da mutação e da recombinação de genes, as quais são, por sua vez, resultado de processos casuais. O acaso, no entanto é uma provocação não apenas para uma visão determinista do mundo, como, também, para a consideração teleológica da Natureza. Tal visão estava bem difundida, no século XIX. O próprio Darwin apontou – numa carta de novembro de 1860, dirigida a Asa Gray – uma consequência desanimadora de sua descoberta:

Estou consciente de encontrar-me despreparadamente entre a espada e a parede. Por um lado, não consigo imaginar que o mundo, tal como nós o vemos, possa ser o produto do acaso. Por outro lado, não posso encarar cada evento como produto de um plano criador.³³

A descoberta científica do acaso e a Teoria da Evolução não são os únicos desafios que nos colocam as ciências positivas do século XIX. Adam Smith (1723-1790) reconheceu que as necessidades equilibram-se no mercado através da oferta e da procura. As implicações dessa doutrina são, num certo sentido, inquietantes, pois o poder que cada um tem de influir, no ponto de equilíbrio entre oferta e procura, é mínimo, senão inexistente. Cada um segue seus interesses pessoais, mas o processo econômico é regulado por uma “mão invisível”, que independe quase totalmente da iniciativa particular de cada pessoa.³⁴ Kant ligou, a esse fato, a esperança de que, por intermédio do “jogo da liberdade da vontade humana”, – “das Spiel der Freiheit des

³²Por exemplo, Fecher, Lotze e Peirce. Veja M. Heidelberger, *Fechner's Indeterminism: from freedom to laws of chance*. In: L. Krüger et al., op. cit., p.117-156.

³³A citação provém de E. Mayr, *Evolution und die Vielfalt des Lebens*. Berlin/Heidelberg, 1979, p.14.

³⁴Veja H. D. Kittsteiner, *Naturabsicht und Unsichtbare Hand*. Frankfurt/Berlin/Wien, 1980.

menschlichen Willens” –, poder-se-ia descobrir o passo regular da História.³⁵ Uma idéia semelhante a essa retornou com Hegel, sob a denominação de “astúcia da razão”: o transcorrer da História independe da vontade de cada sujeito particular que faz a História.³⁶

Mais um desafio do século XIX partiu, finalmente, das indagações que Sadi Carnot (1796-1832) efetuou sobre a perda de *vigor vivo/força viva* (energia) em sistemas mecânicos devido, à fricção: em máquinas mecânicas, uma quantia de energia transforma-se em calor e uma parte dessa quantia não pode mais voltar ao estado de energia mecânica. Essa descoberta serviu de base à formulação da Segunda Lei da Termodinâmica, em 1860, por R. Clausius: a longo prazo, cresce a entropia, isso é, diminui a quantidade de movimentos regulares – mecânicos, por exemplo –, dando lugar a um número crescente de movimentos irregulares, caóticos, até que, no final, se estabelece um estado de desordem máxima e ausência total de estrutura. Os processos mecânicos são reversíveis; dessa maneira, não determinam uma direção do tempo. A flecha do tempo só se introduz com o teorema da entropia. Há uma outra implicação desse teorema: ele se revela como uma reviravolta na história da criação, baseada no reconhecimento de que o mundo não iniciou, mas terminará num caos; em vez de ganhar uma estrutura cada vez mais nítida, o mundo acabará por se dissolver numa irregularidade caótica.

No século XIX, então, a autoconsciência humana sofreu toda uma série de abalos. Assim como a evolução, os acontecimentos econômicos e históricos são também encarados como processos naturais, contra os quais o sujeito individual é impotente. A sua estratégia natural para combater a insegurança e limitar o domínio do acaso é a tentativa de se impor ativamente a cada tipo de concorrência. O que conta na *luta pela sobrevivência* é unicamente a prerrogativa pela sobrevivência do mais forte. O conceito de *sobrevivência do mais bem adaptado* – conceito elaborado por Spencer e assumido por Darwin – torna-se um princípio fundamental para a economia liberal. Concorrência e exploração parecem ser legitimadas pela própria Natureza. O conceito de Natureza, no final do século XIX, não tem mais muito a ver com o conceito grego de Natureza (*physis*), nem com a Teologia criacionista cristã. A impressão de que o homem está abrigado e seguro no centro do Universo, que as cosmologias antiga e medieval nos ensinaram, tornou-se radicalmente obsoletas com as descobertas astrofísicas. Quem analisou de maneira mais penetrante a situação espiritual do final do século XIX talvez tenha sido, não por acaso, um filólogo especialista sobre a Antiguidade e filho de um pastor: Friedrich Nietzsche (1844-1900). Em 1873, ele escreveu:

³⁵I. Kant, *Idee zur einer allgemeinen Geschichte in weltbürgerlicher Absicht*. I. Kant, *Werke* (ed. W. Weischedel), Darmstadt, 1968, v. 9, p. 33.

³⁶G. W. F. Hegel, *Vorlesungen über die Philosophie der Geschichte* (*Werke in zwanzig Banden*, v. 12, p. 49, p. 119. Frankfurt, 1970).

Num recanto afastado do Universo, vertido em inúmeros sistemas solares cintilantes, houve, uma vez, uma estrela na qual animais inteligentes inventaram o conhecer. Era o minuto mais arrogante e mentiroso da “história do mundo”. Era, no entanto, um só minuto. No final de algumas aspirações da Natureza, aquela estrela coagulou e os animais inteligentes tiveram de morrer. [...] Mesmo se alguém inventasse uma tal fábula, esse alguém não se ilustraria suficientemente, tão lastimável, sombrio e fugidio, quanto inútil e indeterminado o intelecto humano apresenta-se na Natureza. Houve eternidades nas quais ele não existia; logo que terá acabado, nada terá acontecido.³⁷

Para o século XX, Nietzsche prognosticou o nihilismo. E com isso, chegamos ao presente.

V

Começemos com uma observação quanto à relação entre técnica e Natureza. Estamos hoje diante de uma situação que é única na história da Cultura: os âmbitos da técnica e da Natureza começam a se confundir.

Em primeiro lugar, hoje é possível criar processos que até então não ocorreram na Terra. Como um exemplo, menciono apenas a produção de uma série de isótopos radiativos, que antes não se encontravam na Natureza terrestre.

Em segundo lugar, pode-se patentear bactérias ou organismos construídos pela tecnologia genética,³⁸ o que indica que caiu a fronteira tradicional entre produtos da engenhosidade técnica e os seres vivos da Natureza.

Em terceiro lugar, o nosso estilo de vida, dominado pela técnica em geral, tem consequências primárias e secundárias não reversíveis, o que nos força a contar com eles como se fossem eventos naturais.

Visto que as fronteiras entre a técnica e a Natureza estão se diluindo, impõe-se uma interpretação sob a perspectiva da Biologia evolutiva acerca da nossa situação atual. Essa interpretação é, no entanto, altamente paradoxal. Por um lado, a humanidade quase se duplicou desde o início do século; e, em alguns países – como é o caso do Brasil –, a população até se multiplicou pelo fator 10. Por outro lado, não pensamos que isso seja um sinal de puro sucesso. Ao contrário: na medida em que a nossa espécie confirma a própria evolução, ela duvida de sua própria adaptação biológica. Tal dúvida torna-se manifesta no diagnóstico de filósofos, que definem o Homem

³⁷F. Nietzsche, *Über Wahrheit und Lüge im außermoralischen Sinn*, p.1.

³⁸Paradigmática por isso foi a decisão da Suprema Corte dos Estados Unidos, em 16 de junho de 1982, ao permitir que A. Chakrabarty tirasse uma patente da sua bactéria anti-óleo, obtida mediante tecnologia genética.

como “animal não-fixado”, porque seu instinto é reduzido.³⁹ Arthur Koestler disse que o Homem é um “extraviado da evolução”.⁴⁰ São comuns as formulações que dizer que o Homem é uma “construção errada”, um “ser vivo defeituoso”.⁴¹ A explosão da população não é consequência de um grau particular da adaptação biológica humana, mas sim o resultado do poder técnico do Homem. Se não conseguirmos diminuir o crescimento da população até chegar a zero, pode-se prever o momento no qual ninguém mais poderá se sentar, por falta de espaço. Evidentemente, as provisões – moradia, alimentos, água potável, matérias-primas, etc. – tornar-se-ão tão escassos que a grande maioria da população mundial cairá abaixo de um mínimo de existência. Segundo os relatórios do Instituto Worldwatch, dos Estados Unidos,⁴² essa já é hoje a sorte de aproximadamente 1 bilhão de pessoas. Mais de três quartos da Humanidade estão vivendo em países em desenvolvimento; em torno da metade deles estão se defrontando com circunstâncias extremamente primitivas.

Aquilo que, segundo a Teoria da Evolução, é o mais nítido indício da adaptação – o crescimento da população – transformou-se, no caso da espécie humana, num sinal de desadaptação. Com isso, confirma-se, mais uma vez, a tese de que o Homem está localizado fora da Natureza, pelo menos no que se refere à autoconsciência. Ocupando e explorando a Natureza na prática, o homem moderno está vivendo como se ele estivesse fora da Natureza; mesmo que, como antes mencionei, as fronteiras entre a Natureza e a técnica tenham sido abaladas.

O ambientalista José Lutzenberger costuma salientar que o brasileiro civilizado médio não tem mais relação alguma com a Natureza, em contraposição clara aos indígenas – da Amazônia, por exemplo –, mas cuja sobrevivência a longo prazo, porém, é pouco provável. Segundo ele, a perda da nossa relação com a Natureza é uma das raízes espirituais da destruição da Natureza, que hoje está em curso. Deter essa perda de relação não é, nem de longe, uma questão cultural menor.

Nunca antes, na História, houve tão pequenas reservas naturais quanto hoje. Isso é, no entanto, apenas um indício do quanto a Natureza viva está sendo ameaçada. Estima-se que, a cada dia, são extintas de 10 a 100 espécies de animais e vegetais, sem nenhuma chance de recuperação.⁴³ A cada ano, até 20 milhões de hectares de florestas tropicais estão sendo queimados ou desmatados, o que corresponde,

³⁹A. Gehlen, *Das Bild des Menschen im Lichte der modernen Anthropologie*. In: A. Gehlen, Gesamtausgabe, Bd.4, *Philosophische Anthropologie und Handlungslehre*. Frankfurt, 1983. p. 133, p. 139.

⁴⁰A. Koestler, *Janus, a summing up*. London, 1978.

⁴¹A noção de “construção errada” parece provir de um instrutor da Força Aérea norte-americana. G. Anders a cita em *Die Antiquiertheit des Menschen*. München, 1956, p.32. O termo “ser defeituoso” tem origem em J. G. von Herder, *Abhandlung über den Ursprung der Sprache. Werke*, ed. B. Suphan et alii. Berlin, 1877-1913, v. 5, p. 22. Hoje esse termo é citado frequentemente.

⁴²O Instituto Worldwatch produz um relatório a cada ano – *The state of the World* –, traduzido em muitos idiomas.

⁴³E. U. von Weizsacker, *Erdpolitik, ökologische Realpolitik an der Schwelle zum Jahrhundert der Umwelt*. Darmstadt, 1989. p. 130.

aproximadamente, à área da Alemanha (sem contar a antiga Alemanha Oriental). Uma outra área, que corresponde aproximadamente à antiga Alemanha Federal, fica deserta, a ponto de a agricultura e a criação de gado perderem toda a rentabilidade. Anualmente, uma superfície do tamanho da Áustria fica deserta. Nos países industrializados, 31 milhões de hectares de florestas estão comprometidos pela chuva ácida e pela poluição do ar. Mais da metade das florestas de muitos países europeus – Holanda, Suíça, Alemanha –, está atingida por esses fenômenos. Milhares de lagos – são cerca de 1800 só na Suécia – estão biologicamente mortos ou quase mortos,⁴⁴ e o mar escandinavo está se transformando de um biótopo em um, digamos, “tanatotopo”. Também na atmosfera – e até na estratosfera – estamos causando transformações com resultados desvantajosos, cujos detalhes são difíceis de prever; a diminuição da camada de ozônio e o efeito estufa são exemplos disso.

Nos países industrializados, a preocupação ecológica facilmente conduz as pessoas ao esquecimento da ameaça nuclear.⁴⁵ Gostaria de citar, nesse contexto, uma parte da conferência de abertura que Gabriel García Marquez proferiu no México, por ocasião do *Encontro Internacional sobre Paz e Desarmamento*, no dia 6 de agosto de 1986, no “aniversário” da bomba de Hiroshima:

Temos hoje, no mundo, mais do que 50000 cargas explosivas atômicas postas à disposição. Em termos mais simples, isso significa que cada ser humano, as crianças aí incluídas, está sentado num barril com 4 toneladas de dinamite, cuja explosão integral chegaria a extinguir doze vezes todos os rastros da vida na Terra. O potencial destrutivo dessa ameaça imensa [...] nos permitiria prejudicar mais quatro planetas que giram ao redor do Sol e atingir e influir o equilíbrio do sistema solar.⁴⁶

Como fez Nietzsche 113 anos antes dele, Gabriel García Marquez também coloca o Homem e suas potencialidades técnicas no contexto da evolução:

Desde que a vida surgiu visivelmente na Terra, passaram-se 380 milhões de anos até que uma borboleta aprendesse a voar; passaram-se outros 180 milhões de anos para gerar uma rosa que não tinha nenhuma outra obrigação senão de ser linda; e passaram-se mais quatro épocas geológicas até que os homens tornassem-se aptos a cantar melhor do que os pássaros e morrer por amor. Não faz honra ao talento humano ter inventado, na idade áurea da Ciência, um caminho pelo qual um

⁴⁴Veja nota 42.

⁴⁵Mesmo quando os mísseis atômicos são tirados de circulação, as ogivas atômicas não são destruídas. No seu anuário publicado em maio de 1990, o instituto sueco SIPRI informou que em 1989 as despesas mundiais com o armamento haviam diminuído apenas 2% em relação a 1988. Com 950 bilhões de dólares – Estados Unidos com 300 bilhões; demais países industrializados com 510 bilhões; países em desenvolvimento com 140 bilhões –, tais despesas estão 125 bilhões mais elevadas do que em 1986 (quando somavam 825 bilhões de dólares, segundo o relatório do Instituto Worldwatch. Esses dados não permitem a conclusão de que as despesas mundiais com armamento estejam decrescendo.

⁴⁶*Frankfurter allgemeine Zeitung*, 11 de setembro de 1986.

desenvolvimento tão enorme e tão dispendioso, que gastou alguns milênios, possa reverter ao nada do qual saiu – e isso graças à arte primitiva de apertar um botão.⁴⁷

Em Nietzsche, a evocação do nada teve motivos epistemológicos fundados na História das Ciências. Gabriel García Marquez nos lembra que, no entanto, o nada pode ser estabelecido por medidas técnicas. A possibilidade do apocalipse é apenas a última consequência do fato de que aquela ideologia, segundo a qual a evolução é uma luta pela sobrevivência – da qual sai vitorioso apenas o mais forte ou adaptado –, foi levada ao estado absoluto. No seu extremo, o princípio da luta pela sobrevivência vira-se no seu sentido contrário.

VI

Felizmente, porém, esse princípio revelou-se errado. A imagem da evolução e da Natureza, à qual chegou a Biologia no nosso século, difere bastante daquela da Biologia do século XIX. Na última parte desse texto, gostaria de explicar alguns aspectos dessa nova imagem da Natureza.

Por um lado, a evolução hoje não é mais encarada como um processo que traz em si um progresso na sequência das espécies – seja qual for o significado que se atribua a *progresso*⁴⁸ –, mas sim um processo de *multiplicação*, de *diversificação* e de *especialização* das espécies.⁴⁹ O progresso não está excluído de tudo isso; mas ele não passa de um produto lateral da evolução. Além disso, há progressos evolutivos em múltiplas direções. Transferindo essa imagem para o desenvolvimento da Ciência e da Técnica, podemos concluir que o critério pelo progresso técnico deveria ser a multiplicação, a diversificação, a especialização e a descentralização, e não mais o crescimento em poder e lucro.

Por outro lado, isso não é tudo. A imagem atual da evolução difere daquela imagem do século XIX em outro aspecto. Como vemos, o papel dominante que o acaso desempenha na evolução é mais conhecido hoje do que na época de Darwin. C. Bresch fala até mesmo numa “torre de improbabilidades”.⁵⁰ Como se sabe, no entanto, nem todos os eventos casuais têm a mesma probabilidade ou improbabilidade. Existem repartições de probabilidades e essas estão sujeitas a transformações.

Nas últimas décadas, a evolução evidenciou-se como um processo que se situa entre os processos deterministas do tipo mecânico – processos em que o espaço da liberdade é igual a zero – e os processos de puro acaso – nos quais o espaço de liberdade é máximo e o grau de determinação é zero. São casuais, por exemplo, todos

⁴⁷Frankfurter allgemeine Zeitung, 11 de setembro de 1986.

⁴⁸Existem, no entanto, exceções notáveis. Segundo Teilhard de Chardin, a evolução traz, consigo, um progresso cujo auge é a consciência humana.

⁴⁹A esse fato, alude E. Mayr com o título de uma coletânea de ensaios: *Evolution and the Diversity of Life*, Harvard Univ. Press, 1978.

⁵⁰C. Bresch, *Zwischenstufe Leben*. Munich, 1977, p.103.

os processos que influem na conjunção dos genes que formam um novo indivíduo a partir do *gene pool* de uma população dada.⁵¹ O grau de casualidade é menor entre aqueles eventos que conduzem, na alternância das gerações, o fluxo de genes de uma população e os canalizam em uma outra direção favorável à conquista (ou à transformação) de um nicho ecológico. Esses eventos ocorrem segundo as leis da Teoria das Probabilidades ou da Estatística. São esses processos não totalmente casuais que Darwin chama de *seleção*. A seleção não é, portanto, simplesmente o processo que faz com que sobreviva o mais forte/adaptado, mas sim um processo estatístico, no qual a própria repartição de probabilidades pode mudar.⁵² A seleção biológica faz parte daquela família de processos que H. Haken chama de *sinérgicos*.⁵³ Se, por exemplo, numa autoestrada a densidade de veículos aumenta, cresce também a tendência de que o trânsito se condense ainda mais; se essa tendência continuar, toda a circulação pode facilmente parar. Em tais fenômenos, a repartição das probabilidades muda frequentemente e, dentro de um coletivo de eventos, a cada vez forma-se um outro desenho (*gestalt*).⁵⁴

O que Spencer e Darwin chamaram de *survival of the fittest* evidenciou-se, então, como sendo um fenômeno estatístico, da competência da Teoria das Probabilidades: quem se impõe a longo prazo não é simplesmente o mais forte – sendo que a força é uma qualidade unidimensional –, mas sim aquele que é *mais adequado* sob certas condições dadas. Pode-se dizer *mais bem adaptado*, mas sem se esquecer de que as espécies não apenas se acomodam aos seus nichos ecológicos como, também, os moldam, transformando os seus arredores.⁵⁵ O que é ser mais adequado ou mais bem-adaptado depende de uma dada situação. A aptidão (*fitness*) é uma qualidade coletiva: o grau em que um indivíduo está adaptado ao seu nicho é uma função da combinação peculiar de seus caracteres e capacidades.

Dessa concepção contemporânea de Natureza, pode-se tirar uma conclusão no que diz respeito à aplicação da Ciência e da Técnica. Podemos concluir que as razões daquele êxito que é a sobrevivência não são as megatoneladas de matéria viva, mas sim a flexibilidade e a diversidade; não é a concorrência, compreendida como luta sangrenta, mas sim uma mistura criativa entre cooperação e concorrência.

A visão da totalidade e a extrapolação do futuro poderiam se mostrar, a longo prazo, como sendo condições necessárias para a sobrevivência. Dever-se-ia renunciar a estratégias cujas conseqüências são contrárias à conservação de uma biosfera diferenciada, mesmo que isso custasse algum preço econômico. Afinal, a sobrevivência

⁵¹E. Mayr, *op. cit.*, p. 14-33.

⁵²E. Mayr, *op. cit.*, p. 14-33.

⁵³H. Haken/M. Haken-Krell, *Entstehung von biologischer Information und Ordnung*. Darmstadt, 1989.

⁵⁴C. Bresch, *op. cit.*

⁵⁵E. U. von Weizsacker, *op. cit.*

não é apenas uma função da força, mas sim da diversificação e da multiplicidade. É isso o que a Biologia Evolutiva nos ensina.

Ernst Ulrich von Weizsacker, filho do físico e filósofo alemão de mesmo nome, prognostica que o século XXI será o século da ecologia. Isso significa que a economia não poderá permanecer como um fim em si mesma, mas deverá submeter-se ao objetivo de conservação da biosfera.

Além da urgência prática da obrigação ecológica que temos, esse prognóstico coincide bem com a nova visão de Natureza que acabei de mencionar. Pois, se continuarmos a tomar a idéia de concorrência num sentido absoluto – que é subjacente ao nosso sistema econômico e domina o nosso comportamento social –, nós permaneceremos presos ao conceito de Natureza do século XIX. Nem o liberalismo, nem a filosofia do mais forte são coisas do nosso tempo. Ambos provêm do século passado e têm de ser superados ou, pelo menos, profundamente diferenciados.

UMA FECUNDA HOMENAGEM

*Alberto Cupani**

Denegri, Guillermo M. y Martínez, Gladys E. (org.) (2000) *Tópicos Actuales en Filosofía de la Ciencia. Homenaje a Mario Bunge en su 80º aniversario*. Mar del Plata (Argentina): Universidad Nacional de Mar del Plata – Editorial Martin, 265 p.

Os oitenta anos do epistemólogo argentino (radicado no Canadá) Mario Bunge são a motivação de este volume de homenagem que inclui uma relação atualizada das suas publicações.

O artigo inicial, do pesquisador espanhol Fernando Broncano, tece interessantes reflexões a propósito da incipiente filosofia da tecnologia do século vinte. Partindo da antiga metáfora do caminho da vida, Broncano distingue duas atitudes, ilustradas respectivamente por Ulisses e pelos israelitas no Êxodo: a de quem “volta para casa” e a de quem foge de uma situação insustentável, em busca de novos horizontes. Essa distinção serve ao autor para classificar várias obras de filosofia da tecnologia como exemplos de “tecnopessimismo”, vale dizer, de atitudes negativas com relação à tecnologia. Tanto os diagnósticos de um suposto determinismo tecnológico (Ellul, Mumford, Winner), como o “construtivismo” de um Latour ou um Callon, passando pelo heideggeriano “deixar estar” a técnica contra o pano de fundo do mistério, são denunciados por Broncano como formas veladas de “volta às origens” que renunciam a uma luta (que deveria ser democrática) por um mundo humanizado, e não dominado, pela tecnologia.

A seguir, la antropóloga Marta Crivós oferece um breve, porém sugestivo, depoimento acerca da importância dos textos de Bunge como lembrança das regras do “jogo da ciência” (em linguagem wittgensteiniana), tanto em situações de pesquisa quanto de ensino. Essa lembrança é reivindicada como salutar para as Humanidades, notoriamente sujeitas a modas intelectuais que tornam muito problemática a sua cientificidade.

La contribuição de Guillermo Denegri, biólogo e epistemólogo, defende o que para Bunge é um truísmo, mas que por estranhas razões é amiúde resistido nos meios acadêmicos: que não se pode fazer filosofia da ciência sem conhecimento científico, e que a ciência de qualidade exige uma dose de filosofia. Denegri argumenta, apelando para a sua experiência pessoal, em favor da possibilidade de que as teorias epistemológicas sejam elaboradas em contato com a prática científica (não apenas com o mero conhecimento da ciência já produzida), bem como de que o pesquisador

*Departamento de Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: cupani@cfh.ufsc.br

recorra sistematicamente à reflexão epistemológica. Em particular – e este aspecto do artigo será de particular interesse para os leitores –, Denegri apresenta a maneira como a Metodologia dos Programas de Investigação de I. Lakatos pode ser utilizada para dar orientação e consistência teórico-metodológica à pesquisa em Parasitologia.

Um outro representante da ciência natural, Vicen Dressino, analisa a evolução do conceito de adaptação desde a época de Lamarck e Darwin, destacando a complexidade da noção e a diversidade das suas abordagens, principalmente nas últimas décadas. Em particular, Dressino examina a proposta de análise contida na obra de Mahner e Bunge, “Foundations of Biophilosophy”, fazendo observações quanto à sua justificação que respondem ao espírito com que Bunge espera ocorram estes debates, isto é, com base na experiência profissional e na clareza conceitual.

O trabalho “Contra la mala ciencia y la peor filosofía”, de autoria de Ricardo Gómez, doutor em Filosofia com formação científica, acompanha a crítica de Bunge à recente Sociologia do Conhecimento Científico, tanto no que diz respeito ao “Programa Forte”, quanto aos estudos de laboratório que celebrizaram B. Latour. Gómez frisa a importância de advertir as confusões entre teses sociológicas e epistemológicas, as falácias e a fragilidade das interpretações históricas nesta corrente hoje tão na moda.

A continuação, Susana G. Lamas, professora de Lógica e Metodologia da Ciência, discute os conceitos de racionalidade científica do Neopositivismo, Popper, Laudan e a Epistemologia Naturalizada e Evolucionista, à luz da discriminação de sete conceitos de racionalidade formulados por Bunge. O trabalho de Lamas é uma interessante contribuição a uma exploração que ainda não vimos intentada na bibliografia epistemológica.

Uma área pouco explorada filosoficamente, a da Ecologia, fornece a motivação para o artigo dos biólogos Luis Marone e Rafael González del Solar. Apoiando-se na concepção bungeana das teorias e explicações científicas, os autores criticam a visão predominantemente instrumentalista das explicações ecológicas (e a sua defesa por alguns teóricos), mostrando que uma explicação “mecanicista” (Bunge), isto é, que postula mecanismos de produção dos fenômenos em pauta, é mais justificada nesta disciplina e, sobretudo, mais fecunda do que as explicações por meras correlações de dados.

Combinando o olhar da Filosofia e da Sociologia, G.E. Martínez, E.I. Llinás e M.I. González Carella submetem a uma detida análise o conceito de objetividade, tanto nas ciências naturais como nas sociais. Atentas à polissemia do termo e às críticas formuladas a uma concepção realista ingênua da objetividade, as autoras argumentam todavia em favor da possibilidade de evitar o relativismo mediante o reconhecimento de que “o caráter de universalidade que a objetividade reclama não pertence aos dados empíricos, mas à dimensão estruturante do intelecto”.

Em seu curso de Epistemologia publicado em 1980, Bunge apontava o escasso desenvolvimento da Filosofia da Biologia em comparação com a da Física, e formulava diversas questões biológicas que estavam à espera de um tratamento filosófico

adequado. O biólogo e geneticista Aldo Mellender de Araújo escolhe entre essas questões a relativa à diferenciação entre espécie e população, posto que, ao tratar-se em ambos casos de agregados de organismos, não é óbvio como se deva delimitá-las. Analisando breve porém penetrantemente a evolução do conceito de espécie na literatura biológica, o autor conclui que são entidades diferentes, cujo limite vem fixado pela quantidade e qualidade da variabilidade genética e pela possibilidade de cruzamentos entre indivíduos de populações diferentes, admitindo todavia a dificuldade da aplicação desse critério na prática taxonômica, o que obriga a recorrer a variáveis morfológicas.

A seguir, o filósofo Miguel Ángel Quintanilla, estudioso da racionalidade prática, destaca a obra pioneira de Bunge no campo da Filosofia da Tecnologia na elucidação dos seus conceitos fundamentais, delimitadores da sua problemática específica. Quintanilla dá seguimento a essa tarefa propondo a compreensão da racionalidade prática a partir da racionalidade tecnológica e analisando em particular a noção de eficiência técnica. Trata-se de uma análise que sintetiza idéias já apresentadas pelo autor em outros trabalhos e que tem o mérito de tornar precisa a noção de racionalidade instrumental, tão debatida em nossos dias. A eficiência técnica é caracterizada (e formalizada) de maneira a mostrar a insuficiência do seu enfoque tanto desde a engenharia quanto desde a economia, e a necessidade de pensar a adequação meios-fins em função da sua fundamentação em leis científicas. Quintanilla mostra também como o enfoque proposto rebate as teses do construtivismo social no estudo da tecnologia.

A penúltima contribuição deste livro deve-se ao historiador da ciência e a tecnologia Alberto G. Ranea. Com um estilo irônico e bem-humorado, o autor critica a tese relativista de sociólogos como Latour, Shapin e Schaffer que, a propósito da já célebre noção de que os fatos científicos não passam de construções sociais, acusam a tradição racionalista de haver constituído uma vasta e duradoura mistificação. A “Natureza” que “fala” pelas e nelas descobertas científicas não seria outra coisa que o produto da bem-sucedida articulação de forças sociais. Com particular referência à figura de Leibniz, Ranea sustenta que os relativistas, ainda que apelando para análises histórico-sociais de episódios científicos, na verdade ignoram a consciência que os cientistas do passado tinham da dimensão social da sua atividade, e que “a modernidade não se constituiu ocultando os processos de estabilização da natureza e a sociedade e proclamando o seu divórcio, mas aceitando-os de maneira explícita”.

Por último – *but not least* – o jovem doutor em Filosofia Fernando Tula Molina encara com audácia e aguda capacidade de análise aspectos do confronto entre Bunge e Feyerabend. Atribuo audácia a Tula Molina porque não é fácil intervir em uma polêmica entre dois pensadores famosos pela sua “artilharia” conceitual. O autor mostra convicentemente as raízes histórico-teóricas da noção de incomensurabilidade defendida por Feyerabend, fazendo-a perder o ar de implausibilidade que a mesma costuma assumir na crítica de epistemólogos como Bunge. Também explicita o sentido do *anything goes* e chama a atenção para a diferença de propósitos do pensamento feyerabendiano antes e depois de *Against Method*, de tal modo a tornar compreensíveis

(embora não necessariamente aceitáveis) as suas teses. Tula Molina intenta inclusive reconciliar certas afirmações de ambos filósofos, sem pretender apagar suas (grandes) diferenças. Mérito não menor do artigo reside na crítica às interpretações de episódios da história da ciência por Feyerabend.

A variedade de temas abordados neste volume faz jus à diversidade de interesses de Bunge, talvez o último caso de um filósofo sistemático universalista. Quase inevitavelmente, as contribuições suscitam dúvidas e convidam à discussão. O homenageado não podia receber um melhor presente de aniversário.

NORMAS GERAIS DE PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS

1. **ENCAMINHAMENTO** — O autor encaminha seu texto em três vias à direção da Revista, mencionando, em carta, o título completo de seu trabalho, seu nome e sua posição na instituição em que trabalha, bem como os endereços e telefones para contato. Os trabalhos são aceitos para apreciação, supondo-se que sejam trabalhos inéditos e não encaminhados a outros periódicos.
2. **APRESENTAÇÃO E EXTENSÃO** — Os trabalhos devem ser digitados em folhas de papel de tamanho A4 (210x297mm) ou em folhas de formulário contínuo (220x280mm), numa única face e em espaço duplo. Os artigos devem ter no máximo 10.000 palavras e as resenhas, no máximo, 5 páginas.
3. **TÍTULOS, RESUMO E PALAVRAS-CHAVE** — EPISTEME recebe artigos em língua portuguesa, espanhola e, excepcionalmente, em língua inglesa. Os títulos dos artigos devem ser em português ou espanhol, conforme o caso, e também em inglês. Devem ser concisos e especificar claramente o assunto tratado no artigo. Cada artigo deve apresentar um resumo de 100/150 palavras em português ou espanhol, e em inglês. O autor deve indicar até cinco palavras-chave (*key words*), em ambas as línguas, que permitam a adequada indexação do artigo.
4. **DISQUETES E FORMATAÇÃO DO TEXTO** — É necessário que as cópias de trabalhos em disquetes sejam acompanhadas de cópias impressas em papel. Solicita-se um uso moderado dos recursos de processamento de texto encontrados nos processadores eletrônicos de texto. Utilizar apenas a cor preta para todo o texto. As fontes utilizadas devem ser apenas a *Times*, *Arial* ou *Helvetica*, em tamanho máximo 12 para o texto e 10 para as notas. Para os destaques, podem ser utilizados o negrito ou itálico. Evite indentações, tabulações e espaços; evite hifenizações manuais. A razão é que os textos serão padronizados em um único processador e, dadas as peculiaridades de cada processador, eventualmente não é possível recuperar um texto formatado em excesso. Indique no disquete o nome do arquivo, o processador utilizado e sua versão (se o seu processador possui recurso de contar palavras, use-o e indique estes dados).
5. **CITAÇÕES E REFERÊNCIAS** — As citações literais curtas (menos de 3 linhas) serão integradas no parágrafo, colocadas entre aspas e seguidas pelo sobrenome do autor referido no texto, ano de publicação e página(s) do texto citado, tudo entre parênteses e separado por vírgulas. Quando o nome do autor citado integra a frase, só o ano e o número da(s) página(s) serão colocados entre parênteses. As citações de mais de três linhas serão destacadas no texto em parágrafo especial e “indentadas” (quatro espaços à direita da margem esquerda). As referências sem citação literal devem ser incorporadas no texto, entre parênteses, indicando o sobrenome do autor e o ano da publicação.
6. **ILUSTRAÇÕES, FIGURAS E TABELAS** — As ilustrações, figuras e tabelas devem ser numeradas com algarismos arábicos na ordem em que serão inseridas no texto e apresentadas em folhas separadas no final do artigo. O texto indicará o lugar aproximado de inserção de cada elemento.
7. **NOTAS EXPLICATIVAS** — Se necessárias, serão numeradas consecutivamente dentro do texto e colocadas ao pé da página.
8. **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** — No final do trabalho, devem ser incluídas, em ordem alfabética por sobrenome do autor, todas as referências citadas no texto, da seguinte forma:
Livros: sobrenome(s) do(s) autor(es) (em maiúsculas), nome(s) dos autores. Título e subtítulo do livro (em itálico). Lugar/Cidade da Editora: nome da Editora (sem constar a palavra “Editora”), ano da publicação.
Ex.: DREYFUS, Hubert L. & RABINOW, Paul. *Michel Foucault: uma trajetória filosófica (para além do Estruturalismo e da Hermenêutica)*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1995.
Capítulos de livros: sobrenome(s) do(s) autor(es) (em maiúsculas), nome(s) dos autores. Título e subtítulo do capítulo. In: sobrenome(s) do(s) autor(es) (em maiúsculas), nome(s) dos autores (do livro). Título e subtítulo do livro (em itálico). Lugar/Cidade da Editora: nome da Editora (sem constar a palavra “Editora”), ano da publicação. Páginas.
Ex.: BORNHEIM, Gerd. Sobre o estatuto da razão. In: NOVAES, Adauto (org.). *A crise da razão*. São Paulo: Companhia das Letras; Brasília: Ministério da Cultura; Rio de Janeiro: FUNDARTE, 1996. p. 97-110.
Artigos de periódicos/revistas: sobrenome(s) do(s) autor(es) (em maiúsculas), nome(s) do(s) autor(es). Título e subtítulo do artigo. Nome do Periódico/Revista (em itálico), Lugar/Cidade do Periódico/Revista, volume, número, páginas, mês(es) ano.
Ex.: VEIGA-NETO, Alfredo. Ciência, Ética e Educação Ambiental em um cenário pós-moderno. *Educação e Realidade*, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 141-169, jul./dez. 1994.
Obs.: Em quaisquer desses casos acima, se houver mais de três autores, referir o nome do primeiro seguido de *et alii*.
9. **PROCESSO DE AVALIAÇÃO** — Coloque o nome do autor, título e instituição apenas na capa. Os artigos serão encaminhados para dois pareceristas. Após, encaminha-se ao autor uma resposta de aceitação, possíveis sugestões de modificações ou recusa do artigo. A avaliação é feita no sistema de duplo cego.
10. **DIREITO DE RESPOSTA** — Comentário de artigo ou réplica estão sujeitos à mesma regra de publicação e podem aparecer no mesmo ou em subsequente número.
11. **RESPONSABILIDADE IDEOLÓGICA** — Os artigos cujos autores são identificados representam o ponto de vista de seus autores e não a posição oficial da Revista, do Conselho Editorial ou UFRGS.
12. **REVISÃO** — A correção linguística dos textos em idioma estrangeiro é de responsabilidade do(s) autor(es).
13. A Comissão Editorial reserva-se o direito de publicar textos encomendados, reedições ou traduções que julgar pertinentes, no campo da Filosofia e História das Ciências.

Permuta / Exchange / Cambio / Échange

O Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em História e Filosofia da Ciência do Instituto Latino-Americano de Estudos Avançados interessa-se em estabelecer permuta de sua publicação EPISTEME com revistas congêneres nacionais e estrangeiras.

