DANIELA DE SOUZA ONÇA

*Curvar-se diante do existente:
o apelo às mudanças climáticas pela
preservação ambiental*

Dissertação de mestrado apresentada ao
Departamento de Geografia da Faculdade de
Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo, sob a orientação do
Prof. Dr. Tarik Rezende de Azevedo.

**São Paulo
2007**

*A todos os céticos do
aquecimento global mundo
afora, que contribuem para
uma ciência mais consciente de
suas limitações.*

Agradecimentos

A Deus, pelos dias passados e vindouros.

A meus pais, Antônio e Helena, pela vida.

Ao Ricardo, minha estrela-guia.

Ao professor Tarik Rezende de Azevedo, pela orientação segura com que me guiou no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores que encontrei durante a graduação e o mestrado, especialmente José Bueno Conti, minha referência na arte de amar a Climatologia; Marcos Barbosa de Oliveira, de quem recebi as primeiras noções de ética ambiental; e Caetano Ernesto Plastino, que me ajudou a perder o medo do “prédio do meio”.

Aos meus antigos professores, Walkiria Savira Belapetravicius, Ruth Raimann Barral e Eduardo Teixeira, pelos sólidos alicerces.

Ao colega Gustavo Armani, quem primeiro me sugeriu um estudo crítico sobre as mudanças climáticas globais.

A meus pais (novamente) e à possibilidade de vender minha força de trabalho, pelo financiamento da pesquisa.

Aos alunos do período noturno da turma de 2005 da disciplina *Mudanças Climáticas Globais e Implicações Atuais*, pelos acalorados debates.

Aos meus amigos da EEPSPG 20 de Agosto, do Objetivo e da USP, pelas alegrias compartilhadas.

Resumo

Esta pesquisa tem por objetivo investigar a construção do discurso moderno envolvendo as mudanças climáticas globais. Tal discurso, que podemos observar em diversos tipos de publicações, eventos e atitudes, apregoa em geral a noção de que as mudanças climáticas globais já são uma realidade auto-evidente, com efeitos devastadores mundo afora, com um aquecimento progressivo e provocadas pelo homem, por meio do lançamento indiscriminado de poluentes na atmosfera. Sendo assim, fazem-se apelos apaixonados pela preservação da saúde do planeta, pela redução da emissão de poluentes, pois do contrário sofreremos graves consequências em nossas vidas, por exemplo, na agricultura, no abastecimento de água, no conforto térmico e na disseminação de doenças.

Entretanto, no interior da comunidade científica, ao contrário do que possa parecer à primeira vista, não existe um consenso quanto às causas, consequências e mesmo quanto à realidade do aquecimento global. Constrói-se, dessa forma, um discurso que toma hipóteses por certezas, doutrinador pelo medo e, principalmente, que não rompe com as bases da concepção de mundo que gerou a degradação ambiental. Idealiza a possibilidade de uma harmonia entre a sociedade e natureza mas, ao mesmo tempo, conserva o mesmo tipo de racionalidade com relação a medidas mitigadoras e mantém seu utilitarismo – devemos proteger o meio ambiente porque o homem necessita dos recursos naturais para sobreviver. Enfim, faz o “jogo do inimigo”, pois o apelo às graves consequências do aquecimento global é de forte impacto e tem maiores chances de agregar partidários e surtir algum efeito prático de mitigação. Acreditamos que, embora tal atitude possa até funcionar, não é o melhor caminho para a construção de uma autêntica consciência ecológica por manter fundamentalmente inalterada a mentalidade criticada. Sugerimos, assim, a construção de um argumento ético, a saber, o do valor intrínseco da vida e necessidade de respeito por ela, ao invés de insistir numa argumentação utilitarista e amedrontadora. A proteção à natureza não necessita de falsas premissas climáticas para sustentá-la, pois sua necessidade é auto-evidente.

Palavras-chave: aquecimento global, Escola de Frankfurt, ética ambiental.

Abstract

This research aims to investigate the construction of the modern discourse involving global climate change. Such discourse, which we can observe in different kinds of publications, events and attitudes, generally proclaims the notion that global warming is already a self-evident reality, with its devastating effects worldwide, with a progressive warming and man-induced, via the indiscriminate launching of pollutants in the atmosphere. This way, passionate appeals for the planet's health preservation and the reduction of pollutants emission are made, otherwise we will suffer serious consequences in our lives, for example in agriculture, water supply, thermal comfort and dissemination of diseases.

However, in the scientific community, instead of what we may think at first sight, there is no consensus about causes, consequences and even the reality of global warming. It is constructed, this way, a kind of discourse which takes hypothesis for certainties, indoctrinates by fear and, above all, does not break with the basis of the worldview that engendered environmental degradation. It idealizes the possibility of harmony between society and nature but, at the same time, conserves the same kind of rationality regarding mitigation measurements and keeps its utilitarianism – we must protect the environment because man needs natural resources to survive. In a word, it “plays the enemy's game”, since the appeal to the serious consequences of global warming is powerful and has greater possibilities of aggregating partisans and producing some practical mitigation effect. We believe that, although this kind of attitude may work, this is not the best way to construct an authentic ecological consciousness because it keeps basically unchanged the criticized mentality. We suggest, thus, the construction of an ethical argument, to wit, the one about intrinsic value of life and the need of respecting it, instead of insisting on a utilitarian and frightening argument. The protection of nature does not need false climatic premises to support it, as its necessity is self-evident.

Keywords: global warming, Frankfurt School, environmental ethics.

“Há uma diferença entre acreditar em algo porque você quer ou porque você tem boas razões para isso”

Larry Laudan

“E se é um déspota que destronareis, assegurai-vos que o seu trono, erigido dentro de vós, esteja destruído”

Khalil Gibran

“a quem se deve dirigir a propaganda, aos intelectuais ou à massa menos culta? A propaganda sempre terá de ser dirigida à massa! ...

O fim da propaganda não é a educação científica de cada um, e sim chamar a atenção da massa sobre determinados fatos, necessidades etc., cuja importância só assim cai no círculo visual da massa.

... a sua ação deve ser cada vez mais dirigida para o sentimento e só condicionalmente para a chamada razão.

Toda propaganda deve ser popular e estabelecer o seu nível espiritual de acordo com a capacidade de compreensão do mais ignorante dentre aqueles a quem ela pretende se dirigir. Assim a sua elevação espiritual deverá ser mantida tanto mais baixa quanto maior for a massa humana que ela deverá abranger. Tratando-se, como no caso da propaganda de manutenção de uma guerra, de atrair ao seu círculo de atividade um povo inteiro, deve-se proceder com o máximo cuidado, a fim de evitar concepções intelectuais demasiadamente elevadas. ...

A capacidade de compreensão do povo é muito limitada, mas, em compensação, a capacidade de esquecer é grande. Assim sendo, a propaganda deve-se restringir a poucos pontos. E esses deverão ser valorizados como estribilhos, até que o último indivíduo consiga saber exatamente o que representa esse estribilho. ...

Foi um erro fundamental, nas discussões sobre a culpabilidade da guerra, admitir que a Alemanha não podia sozinha ser responsabilizada pelo desencadeamento dessa catástrofe. Deveria ter-se incessantemente atribuído a culpa ao adversário, mesmo que esse fato não tivesse correspondido exatamente à marcha dos acontecimentos, como na realidade era o caso. ...

A grande massa de um povo não se compõe de diplomatas ou só de professores oficiais de Direito, mesmo de pessoas capazes de ajudar com acerto, e sim de criaturas

propensas à dúvida e às incertezas. Quando se verifica, em uma propaganda em causa própria, o menor indício de reconhecer um direito à parte oposta, cria-se imediatamente a dúvida quanto ao direito próprio. A massa não está em condição de distinguir onde acaba a injustiça estranha e onde começa a sua justiça própria. Ela, num caso como este, torna-se indecisa e desconfiada, sobretudo quando o adversário não comete a mesma tolice, mas, ao contrário, lança toda e qualquer culpa sobre o inimigo. ...

[O povo] se deixa guiar, no seu modo de pensar e agir, menos pela reflexão do que pelo sentimento. Esses sentimentos, porém, não são complicados mas simples e consistentes. Neles não há grandes diferenciações. São ou positivos ou negativos: amor ou ódio, justiça ou injustiça, verdade ou mentira. Nunca, porém, o meio termo. ...

Qualquer digressão que se faça não deve nunca modificar o sentido do fim visado pela propaganda, que deve acabar sempre afirmando a mesma coisa. O estribilho pode assim ser iluminado por vários lados, porém o fim de todos os raciocínios deve sempre visar o mesmo estribilho. Só assim a propaganda poderá agir de uma maneira uniforme e decisiva. ...

Todo anúncio, seja ele feito no terreno dos negócios ou da política, tem o seu sucesso assegurado na constância e continuidade de sua aplicação”.

(**Adolf Hitler**, *Mein Kampf*, 1924)

Sumário

Advertência	1
1. Introdução	2
2. Objetivos	6
3. O método	7
3.1 A Escola de Frankfurt	7
3.2 Para uma crítica dos “admiradores de Carnap na Índia”	16
3.3 Importância da pesquisa para a Geografia	21
4. A impregnação pragmatista na cultura	27
4.1 Origens	27
4.2 Implicações	33
4.3 O apelo às mudanças climáticas pela preservação ambiental	37
5. O sistema climático	41
5.1 Introdução	41
5.2 Os fatores das mudanças climáticas	44
5.2.1 Causas terrestres	44
5.2.1.1 Alterações na concentração de gases estufa	44
5.2.1.2 Aerossóis	52
5.2.1.3 Vulcanismo	55
5.2.1.4 Mecanismos de realimentação	57
5.2.2 Causas astronômicas	59
5.2.3 Causas extraterrestres	62
5.3 Como conhecer o passado?	66
5.3.1 Métodos	66
5.3.1.1 Registros instrumentais	66
5.3.1.2 Registros históricos	67
5.3.1.3 Registros fósseis	67
5.3.1.4 Dendroclimatologia	68
5.3.1.5 Isótopos de oxigênio	68
5.3.2 Um caso notável: as geleiras de Vostok	69
6. Os climas passados	74
6.1 Pré-Cambriano	77
6.2 Paleozóico	80
6.3 Mesozóico	82
6.4 Cenozóico	84

6.5 O período histórico	93
7. O século XX: o aquecimento global	100
7.1 Histórico da noção de aquecimento global	100
7.2 As conclusões do grupo I do IPCC em 2001	121
7.2.1 Temperatura	121
7.2.2 Precipitação	126
7.2.3 Derretimento de geleiras	127
7.2.4 Nível do mar	131
7.2.5 El Niño	133
7.2.6 Eventos extremos	134
7.3 Projeções para o século XXI	135
7.3.1 Os modelos	135
7.3.2 Os cenários	137
7.3.3 As projeções	139
7.3.3.1 Temperatura	139
7.3.3.2 Precipitação	140
7.3.3.3 Nível do mar	141
7.4 Atribuição de causas	143
7.5 Elementos de controvérsias	146
7.5.1 A elevação do nível do mar	146
7.5.2 O papel do vapor d'água	147
7.5.3 A querela do taco de hóquei	154
7.5.4 Correlação <i>versus</i> co-variação	160
7.5.5 O monitoramento por satélites	162
7.6 As (novas?) conclusões do quarto relatório	166
7.7 Temos boas razões para acreditar?	170
8. No limiar de um novo paradigma?	178
8.1 O modelo de progresso científico de Thomas Kuhn	179
8.1.1 O chamado antigo paradigma	187
8.1.1.1 Francis Bacon	187
8.1.1.2 Galileu Galilei	189
8.1.1.3 René Descartes	191
8.1.1.4 Isaac Newton	194
8.1.2 O chamado novo paradigma	196
8.2 Críticas ao modelo de Kuhn e suas repercussões	210
8.2.1 O irracionalismo justificado: Feyerabend	215
8.2.2 A incorporação mística dos novos paradigmas	217
9. A necessidade de uma nova razão	223
10. Considerações finais	230
Resumo para elaboradores de políticas	232
Referências	235

Lista de figuras

Figura 1 – Esquema dos componentes do sistema climático global	41
Figura 2 – Esquema do balanço de energia médio anual do planeta	43
Figura 3 – Principais componentes do ciclo natural do carbono	45
Figura 4 – Alteração dos fluxos de carbono pelas atividades humanas	47
Figura 5 – Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono dos últimos 1000 anos	48
Figura 6 – Concentrações atmosféricas médias mensais de dióxido de carbono em Mauna Loa, Havai	48
Figura 7 – Concentrações atmosféricas de metano dos últimos 1000 anos	50
Figura 8 – Concentrações atmosféricas de óxido nitroso dos últimos 1000 anos	51
Figura 9 – Excentricidade da órbita da Terra em função do tempo de 800.000 anos atrás até daqui a 50.000 anos	60
Figura 10 – Parâmetros de precessão e obliquidade em função do tempo de 150.000 anos atrás até daqui a 50.000 anos	61
Figura 11 – Número anual de manchas solares de 1840 a 1995	63
Figura 12 – Variação da temperatura média anual do hemisfério norte e a irradiação solar em W/m^2	65
Figura 13 – Concentrações de dióxido de carbono em partes por milhão e temperaturas locais derivadas de variações de isótopos de hidrogênio obtidas na geleira de Vostok	70
Figura 14 – Dados obtidos na geleira de Vostok para os últimos 420.000 anos	72
Figura 15 – Diagrama das eras geológicas	75
Figura 16 – Variação de temperatura e precipitação em relação ao presente ao longo da história do planeta	76

Figura 17 – Distribuição global dos principais centros glaciais do final do pré-cambriano	80
Figura 18 – Paisagens da ex-URSS entre 6000 e 5000 anos atrás	91
Figura 19 – O espectro atmosférico em comprimentos de onda infravermelhos apresentados no artigo de 1941 de Callendar	111
Figura 20 – <i>Cartoons</i> de Virgil Partch publicados em 1953	111
Figura 21 – Os primeiros dois anos e meio das medições diretas das concentrações de dióxido de carbono atmosférico por Keeling na Antártida	113
Figura 22 – Capa da edição de 2 de janeiro de 1989 da revista <i>Time</i>	117
Figura 23 – Curva de temperatura apresentada por James Hansen em 23 de junho de 1988	118
Figura 24 – Anomalias anuais médias globais de temperaturas das superfícies continentais entre 1861 e 2000 em relação à média do período de 1961 a 1990	121
Figura 25 – Anomalias médias globais anuais de temperaturas das superfícies continentais e do mar combinadas entre 1861 e 2000 em relação à média do período de 1961 a 1990 com margens de incertezas	122
Figura 26 (a e b) – Tendências anuais de temperatura (°C) para os períodos 1901 a 2000 e 1910 a 1945, calculadas a partir de registros de superfície	123
Figura 26 (c e d) – Tendências anuais de temperatura (°C) para os períodos 1946 a 1975 e 1976 a 2000, calculadas a partir de registros de superfície	124
Figura 27 (a a d) – Tendências de mudanças na precipitação ao longo do século XX	127
Figura 28 – Registros da evolução da extensão de vinte glaciares de diferentes partes do mundo entre 1500 e 2000	129
Figura 29 – Contribuições para o nível do mar entre 1910 e 1990 calculadas por AOGCMs	132
Figura 30 – Variações globais no nível médio do mar computadas dos dados de altímetro do satélite TOPEX/POSEIDON comparadas às variações globais da temperatura da superfície do mar de 1993 a 1998	133
Figura 31 – Projeções de aumento da temperatura para os cenários SRES de 1990 a 2100 obtidas por modelos simples sintonizados a sete AOGCMs	140

Figura 32 – Projeções de elevação do nível do mar para os cenários SRES de 1990 a 2100	142
Figura 33 (a a c) – Anomalias de temperaturas de superfície médias globais relativas à média do período 1880-1920 a partir de registros instrumentais comparadas a combinações de quatro simulações de AOGCMs	145
Figura 34 – Comparação entre a elevação global do nível do mar obtido através de medições do satélite TOPEX/POSEIDON, e temperatura média da superfície do mar de janeiro de 1993 a junho de 2000	147
Figura 35 – Espectro de absorção dos gases atmosféricos	148
Figura 36 – Representação esquemática da opacidade infravermelha da atmosfera por latitude e altitude	151
Figura 37 – Representação esquemática de uma nuvem cumulonimbus e dos processos envolvidos	153
Figura 38 – Estimativas da evolução da temperatura média global ao longo do último milênio	154
Figura 39 – Anomalias de temperaturas do hemisfério norte relativas à média de 1961 a 1990	156
Figura 40 – Comparação entre os gráficos de Mann <i>et al</i> (1998) e McIntyre; McKittrick (2003)	158
Figura 41 – O gráfico anterior, com as curvas sobrepostas, usando uma média de 20 anos	159
Figura 42 – Anomalias hemisféricas e média global de temperatura obtidas através de satélites MSU para o período 1979-1988	163
Figura 43 – Variações de temperaturas médias globais da baixa troposfera medida por unidades de sondagem de microondas (MSU) em satélites para o período 1979-1997	164
Figura 44 – Anomalias de temperaturas médias globais (°C) da baixa troposfera de 1979 a 2001, a partir de dados do Global Hydrology and Climate Center	164
Figura 45 – Projeções de aumento da temperatura (relativas à média do período 1980-1999) durante o século XXI segundo o <i>Summary for Policymakers</i> do quarto relatório do IPCC	169

Lista de tabelas

Tabela 1 – Correlações entre as glaciações do pleistoceno	88
Tabela 2 – Diferenças de temperaturas médias de verão (julho e agosto) entre o final do optimum do período atlântico (6200 a 5300 anos atrás) e as atuais por latitude	92
Tabela 3 – Temperaturas médias de inverno na Inglaterra central entre 1659 e 1979	99
Tabela 4 – Temperaturas médias de verão na Inglaterra central entre 1659 e 1979	99
Tabela 5 – Tabela do artigo de Arrhenius de 1896	108
Tabela 6 – Projeções globais de aquecimento da superfície e de elevação do nível do mar no final do século XX para diferentes casos	169

Advertência

“– Você está nos contando uma lorota – disse o pastor desdenhosamente.

– Sim – respondeu o caçador de crocodilos –, mas se todos contarem-na por um tempo suficiente, ela vai começar a soar como verdade!”

(Jérôme & Jean Tharaud, *La Randonnée de Samba Diouf*, 1927)

Todas as vezes que um cientista tem a idéia de insurgir-se contra a hipótese do aquecimento global e os apelos ecológicos a ela relacionados, imediatamente são levantadas mil suspeitas sobre os motivos que o levaram a incorrer em semelhante insanidade. Contrariar uma certeza científica amplamente estabelecida e comprovada só pode ser um procedimento motivado por interesses pessoais: sem a menor sombra de dúvida, tal forasteiro é financiado por algum magnata do petróleo. Por isso, achei por bem incluir esta advertência no início deste trabalho, mesmo sabendo que ela não será suficiente para acabar com essas suspeitas. **Declaro que esta pesquisa não recebeu qualquer espécie de patrocínio de empresas cujos interesses são contrariados pelo Protocolo de Kyoto.** O financiamento para esta pesquisa veio **exclusivamente** da aposentadoria de meus pais, trabalhadores das indústrias do Grande ABC paulista, e da venda de minha força de trabalho como professora dos ensinos fundamental e médio e de cursos pré-vestibulares. A idéia disseminada entre o público, de que pesquisas contrariando a hipótese do aquecimento global recebem financiamentos mais facilmente, não poderia ser mais falsa. Na atual conjuntura, quando o discurso “ecologicamente correto” rende muito além dos louros do reconhecimento e de sorrisos de simpatia, tenho plena convicção de que, se este trabalho caminhasse na esteira das hipóteses hegemônicas, nenhum de nossos sacrifícios teria sido necessário.

1. Introdução

“A ciência é clara e convincente: nós humanos estamos
alterando o clima global”

(**Bill Clinton**, perante as Nações Unidas, 1997)

No dia 2 de fevereiro de 2007, o grupo I do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) lançou o *Summary for Policymakers* do primeiro volume da sua quarta série de relatórios, intitulado *The Physical Science Basis*, discutindo cientificamente a questão das supostas mudanças climáticas verificadas ao longo do último século. De maneira geral, este resumo segue a mesma linha das três séries de relatórios precedentes (lançados em 1990, 1996 e 2001), acreditando na existência de mudanças climáticas não usuais, ou seja, que não podem ser totalmente atribuídas à variabilidade natural do sistema climático nem a forçamentos naturais, como as atividades vulcânica e solar, sendo mais provável que sejam causadas em sua maior parte por forçamentos antropogênicos, a saber, a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e atividades agropecuárias, que estariam alterando a composição atmosférica desde a primeira Revolução Industrial através do constante lançamento dos chamados gases estufa, como o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso. Acredita-se que o lançamento desses gases, juntamente com os forçamentos naturais e o forçamento negativo de aerossóis seja responsável por um aumento da temperatura média global de 0,74°C observado no período compreendido entre os anos de 1906 e 2005¹. O primeiro resumo da quarta série de relatórios demonstra também um grau de certeza maior sobre os tópicos discutidos do que os três relatórios precedentes, confirmando a tendência ascendente de certezas dos relatórios e evidenciando os possíveis avanços científicos ocorridos na área da Climatologia nos últimos anos.

Por todos os lados pipocam supostas provas desse aquecimento: icebergs desprendidos da Antártida, imagens do monte Kilimanjaro vinte anos atrás e hoje, fortes furacões nos Estados Unidos (e agora também no Brasil, que se orgulhava de não tê-los!), ondas de calor na Europa, ilhas paradisíacas que podem ser engolidas pelo mar,

¹ IPCC (2007), p. 4.

colheitas perdidas pela seca ou pela geada fora de época, enchentes que ceifam centenas de vidas no sul da Ásia. Toda semana, às vezes todos os dias, aparece uma reportagem no jornal ou na televisão mais ou menos no estilo “Cientistas comprovam que o aquecimento global é irreversível”, “A mudança climática já é realidade, concluem os cientistas”, “Dados mostram que o nível do mar vem subindo em consequência do derretimento do Ártico”. Poucas semanas antes do lançamento do quarto *Summary for Policymakers* do grupo I, o ano de 2007 já foi anunciado como o mais quente dos últimos mil anos (uma simples coincidência, é lógico). O clima global parece mesmo ter enlouquecido.

Quem ousaria duvidar de todos esses *fatos*, de todas essas *certezas*? Como questionar as previsões apresentadas por computadores tão poderosos? A ameaça é extremamente grave e não há tempo para questionamentos; é tarefa de *todos nós, em qualquer tempo, em qualquer lugar*, zelar pela saúde de nosso planeta em estado febril. Há mesmo quem diga que as mudanças climáticas, juntamente com outras questões ambientais, representam um “ponto de inflexão” nos rumos das ciências naturais e demandam a construção de um “novo paradigma”...

De vez em quando, porém, aparece algum dissidente – rapidamente ofuscado, é verdade – pedindo para perdermos o preconceito e o medo de sermos rotulados de anti-ambientalistas. Se observarmos a história, veremos que esta não é a primeira vez em que o Juízo Final bate à nossa porta: já foi dito que a humanidade sucumbiria diante do excedente populacional, do uso da energia nuclear, dos agrotóxicos, do buraco na camada de ozônio. Não seria o aquecimento global apenas mais um elo nesta corrente? Não, não pode ser, ele parece tão real! Não é bom ver toda a humanidade unida em torno de uma causa, ao invés de entregar-se a rivalidades e guerras? Quem melhor do que o aquecimento global para finalmente promover essa união? Afirma-se até mesmo que “os movimentos ecológicos e pacifistas constituem um ponto de inflexão na história da mobilização social e da ação coletiva: trata-se de movimentos portadores de valores e interesses universais, que ultrapassam as fronteiras de classe, sexo, raça e nação”². No entanto, Benjamin, citando Marilena Chauí, alerta para o perigo da pretensa universalidade do discurso ecológico: tal manobra mostra-se com facilidade como um artifício ideológico dos mais vulgares. “A ideologia se constitui como um discurso que suprime a diferença em nome da unidade, que fala de harmonia onde há contradição,

² Viola (1987), citado por Benjamin (1990), p. 18-19.

que se apresenta como portadora de solução para todos”³. Ao suprimirmos as diferenças entre abordagens e as muitas incertezas em torno da hipótese do aquecimento global, acreditando estarmos contribuindo com isso para o bem-estar das futuras gerações, estamos na realidade contribuindo para a *atrofia* do pensamento humano, para sua *incapacidade* de julgamento, fazendo dele tabula rasa para introjetar *qualquer espécie de mentira* como uma *verdade inquestionável*.

É inegável a força que a causa ambiental adquiriu nas últimas décadas, tanto no setor econômico quanto na pesquisa científica. Da mesma forma que estamos cercados por ameaças ambientais, estamos cercados por alternativas de escape a essas ameaças. Centenas de produtos “ecologicamente corretos” invadem as prateleiras de supermercados, todos eles muito mais caros do que os originais correspondentes. Tecnologias mais limpas desenvolvem-se a olhos vistos. As publicações científicas estão repletas de artigos de alguma forma relacionados – e quase sempre favoráveis – à causa ecológica. Benjamin assegura que, se um por cento do dinheiro investido no setor ambiental (equipamentos antipoluição) por ano na atualidade for destinado a produzir informações sobre o assunto, como reportagens, simpósios, documentários e estudos, “há recursos suficientes para convencer até o mais faminto cidadão do Terceiro Mundo de que o efeito estufa é o pior dos males”⁴. Tamanha convergência de interesses entre os pesquisadores e os investidores não merece, no mínimo, uma pequenina desconfiança? Junte-se umas poucas evidências empíricas (por frágeis que sejam), alguma explicação que faça um mínimo de sentido (não esquecendo, claro, de repeti-la à exaustão) e exponha a conclusão de que o clima de nosso planeta está mudando rapidamente, afirmando que é o resultado de intensa e longa pesquisa, a um público de boa vontade, predisposto a aceitar essas verdades, e ansioso por ver chegar o dia em que a natureza e as minorias excluídas se vingarão de todas as agressões sofridas. “Reaparecem, laicizadas, a velha escatologia, a angustiante espera de um fim catastrófico, o desejo de regresso a um paraíso natural perdido, a redenção da culpa dos homens”⁵. Será que nada disso merece alguma espécie de crítica?

Pedimos aos leitores a compreensão de que de forma alguma pretendemos dizer que a poluição atmosférica não existe ou que não constitua um mal, ou que o homem definitivamente não tenha capacidade de alterar os climas ou que a ação dele sobre a

³ Chauí, *O que é ideologia*, citada por Benjamin (1990), p. 19.

⁴ Benjamin (1990), p. 21.

⁵ Benjamin (1990), p. 20.

natureza não tenha sido predatória. A mudança climática – entendida em sentido amplo, em qualquer escala – é o resultado inevitável do avanço tecnológico e da intervenção humana sobre o meio. Quando desmatamos uma floresta, quando executamos projetos de irrigação em regiões semi-áridas, quando construímos uma cidade, estamos alterando o clima desses locais. Todo o debate em torno das mudanças climáticas não é, portanto, sobre se o homem tem a capacidade de alterar o clima. Tampouco há dúvida de que a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e as atividades agropecuárias lançam gases estufa na atmosfera e que suas concentrações vêm aumentando há várias décadas. Mas, conforme afirma Benjamin,

“ a existência da poluição e de formas perfeitamente imbecis de tratar a natureza não legitima a mitologia (muito menos a escatologia) ecológica, assim como a palpável existência do mundo não legitima os mitos que descrevem a Criação, e a existência terrível da morte não torna verdadeiros os mitos que contam a Queda do Homem”⁶.

Restam ainda muitas dúvidas sobre a maneira, a escala e a intensidade com que o sistema climático responde às intervenções antrópicas. Bill Clinton está correto ao afirmar que os humanos alteram o clima. Contudo, não há evidências seguras de que as mudanças sejam globais, com a intensidade apregoada ou que estejamos caminhando em direção ao apocalipse climático – “ao menos num mundo controlado pela razão”⁷.

É o que veremos nas páginas seguintes.

⁶ Benjamin (1990), p. 21.

⁷ Michaels, in Jones (1997), p. 35.

2. Objetivos

“Já dissemos antes que a mentira pode resultar útil se usada
como remédio”

(Platão, *A República*)

Este trabalho procura tecer uma crítica à recorrência à hipótese do aquecimento global como um argumento pela necessidade da preservação do meio ambiente e de mudanças em nosso estilo de vida. Nossa idéia é a de que tal recorrência é um reflexo das tendências pragmatistas dominantes em nossa cultura, ofuscando as verdadeiras razões a serem evocadas em prol da preservação ambiental.

Procuraremos mostrar que a comunidade científica, ao contrário do que possa parecer num primeiro momento, está longe de atingir algum consenso sobre as causas ou mesmo sobre a realidade das supostas mudanças climáticas globais, haja vista nosso conhecimento ainda limitado do funcionamento do sistema climático, ao menos para prever como será o clima daqui a 100 anos. Discutiremos os principais pontos de controvérsias da hipótese para demonstrar que não se justifica, até o momento, qualquer espécie de afirmação categórica a respeito.

Posteriormente trataremos dos clamores por uma nova atitude científica, cada vez mais difundida na Geografia, que pretensamente daria conta de solucionar ou pelo menos amenizar os problemas da “crise ecológica” em geral e das mudanças climáticas em particular, mas que na verdade não se mostra tão revolucionária quanto pretende.

Por fim, concluiremos, inspirados na filosofia de Frankfurt, que a tentativa de justificar a necessidade da preservação ambiental recorrendo-se à hipótese do aquecimento global e sua tentativa de solução através da adoção de pretensos novos paradigmas científicos constituem-se em mais um sintoma da patologia da razão já denunciada por esses autores, e propomos a adoção de uma nova atitude ética em relação à natureza, ao invés de insistir numa argumentação utilitarista e amedrontadora que pode até gerar resultados num prazo mais curto, mas que essencialmente não rompe ou mesmo coopta com a mesma ordem que gerou a degradação ambiental.

3. O método

“Podemos imaginar que um camponês egípcio, no início do período grego, poderia aceitar, com tolerância, os artifícios técnicos dos seus feitores, mas classificaria as imaginativas generalizações dos gregos especulativos como algo inconsistente, sem qualquer cunho prático, além de ser uma perda de tempo. Os obscurantistas de todas as épocas apregoam os mesmos princípios. São os detentores de todo o senso comum. Seu único adversário sério é a História, e a história da Europa lhes é absolutamente contrária. A especulação abstrata tem sido a salvação do mundo: a especulação que formulou os sistemas para, em seguida, transcendê-los; a especulação que se aventurou até o limite mais extremado da abstração. Restringir especulação é trair o futuro”.

(Alfred North Whitehead, *A função da razão*, 1938)

3. 1 A Escola de Frankfurt

O termo *Escola de Frankfurt* faz referência a um conjunto de filósofos de diversas origens intelectuais que se reuniram na cidade de Frankfurt a partir da década de 1920 para empreender uma crítica radical daquele momento histórico¹. É época da disseminação da cultura de massas, de louvor ao progresso tecnológico e da ascensão de regimes totalitários de direita e de esquerda na Europa, temáticas marcadamente discutidas pela primeira geração frankfurtiana, representada principalmente pelos autores Max Horkheimer, Theodor Adorno e Herbert Marcuse.

Ao fazer um diagnóstico de seu tempo, os frankfurtianos identificam três elementos fundamentais que o caracterizam. O primeiro está relacionado às condições

¹ Matos (1993), p. 5.

do capitalismo, que passava de sua fase concorrencial para uma fase monopolista, com uma conseqüente concentração do capital nas mãos de uns poucos conglomerados econômicos e a realização de profundas intervenções do Estado na economia, com o objetivo de estabilizar as relações de mercado. Ao contrário do pensamento de Marx, pois, o capitalismo não assistia ao acirramento de suas tendências autodestrutivas, mas sim a mais uma etapa de seu remodelamento permanente em face às novas condições econômicas. Um segundo elemento do diagnóstico frankfurtiano, e também um prognóstico contrariado de Marx, faz referência à tese do crescente empobrecimento do proletariado. A partir de estudos empíricos sobre a classe trabalhadora alemã, realizados na primeira metade da década de 1930, os frankfurtianos concluíram que tinha ocorrido uma melhoria das condições de vida de uma parte do operariado, suficiente para ludibriá-los e afastar de suas mentes qualquer ideal relacionado à superação do modo de produção capitalista. Formava-se, assim, uma espécie de aristocracia operária apreciadora e defensora do sistema vigente, o que colocava em xeque a possibilidade de uma revolução proletária. O terceiro elemento do diagnóstico é representado pela ascensão do fascismo e do nazismo que, com sua notória brutalidade de repressão e sua habilidade em controlar as massas, auxiliada pela disseminação dos novos meios de comunicação, das técnicas de propaganda e da indústria do entretenimento, demonstrava ser muito improvável o surgimento, pelo menos em curto prazo, de movimentos capazes de destruir os novos regimes políticos².

Ao examinar esses três elementos em conjunto – estabilização dos elementos autodestrutivos do capitalismo, integração das massas ao sistema e repressão intensa aos movimentos de contestação –, não é difícil compreender por que os frankfurtianos quase sempre assumem uma posição niilista: consideravam bloqueados os potenciais de ação transformadora, não restando ao exercício crítico daquele momento senão o âmbito da teoria³. Muito embora o nazismo tenha sido derrotado, isso não significou, para os autores, a restauração das possibilidades revolucionárias nem o fim da barbárie⁴. A dominação, a partir daí, deixaria de poder ser identificada em pessoas, grupos econômicos e sistemas de governo para apresentar-se mais difusa, administrando os seres humanos a partir do interior de suas consciências sem que eles percebam, colocando obstáculos ainda maiores aos caminhos da emancipação.

² Nobre (2004), p. 44-46.

³ Nobre (2004), p. 46.

⁴ Nobre (2004), p. 49.

O verdadeiro problema de seu tempo, percebem os frankfurtianos, não é, pois, o fracasso da revolução marxista, mas sim o fracasso da civilização e o triunfo da barbárie, que culminou nos horrores da Segunda Guerra Mundial e permanece desde então. Por isso, o principal objetivo dessa escola será

“buscar compreender por que a racionalidade das relações sociais humanas, ao invés de levar à instauração de uma sociedade de mulheres e homens livres e iguais, acabou por produzir um sistema social que bloqueou estruturalmente qualquer possibilidade emancipatória e transformou os indivíduos em engrenagens de um mecanismo que não compreendem e não dominam e ao qual se submetem e se adaptam, impotentes”⁵.

À primeira vista, pode parecer um tanto estranho empregar este referencial teórico num trabalho sobre mudanças climáticas globais. Que tipo de contribuição os frankfurtianos poderiam trazer para a Geografia? A resposta parece um tanto óbvia: as conturbadas relações entre homem e natureza são o tema central de *Dialética do Esclarecimento*⁶, além de permearem toda a obra de Adorno⁷, embora seja trabalhado com mais ênfase o problema do domínio da natureza interna, humana. Ainda assim, é possível extrair dessa escola elementos que nos permitam discutir a questão das mudanças climáticas globais muito além do que simplesmente tentar descobrir se o planeta está se aquecendo ou não. Para tanto, lançaremos mão das discussões frankfurtianas em torno do conceito de *razão instrumental*, onde os autores localizam as origens dos nódulos regressivos que permeiam a história recente da ciência e da sociedade.

Adorno & Horkheimer, na *Dialética do Esclarecimento*, discorrem sobre a jornada percorrida pelo homem em direção ao pleno uso da razão, domínio da natureza e elaboração de sistemas explicativos de mundo, primeiro mitos, depois grandes religiões e, finalmente, a ciência, sempre com a intenção de melhor compreender os fenômenos naturais e, se possível, alterar seu curso de maneira favorável a suas atividades. É esta caminhada que os autores denominam *esclarecimento* ou *iluminismo*, cujo programa foi o *desencantamento do mundo*, a dissolução dos mitos e a substituição

⁵ Nobre (2004), p. 51.

⁶ Adorno & Horkheimer (1985). A palavra empregada no original alemão, aqui traduzida por *esclarecimento*, é *Aufklärung*, embora a tradução mais apropriada ao contexto seja *iluminismo*, encontrada em outras edições.

⁷ Duarte (1993), p. 69, 73.

da imaginação pelo saber⁸. A ciência e o mito – esta é a tese dos autores – possuem portanto uma mesma origem e mesmos objetivos, nunca se separaram nem deixaram de manter mútuas influências.

Através da história, o homem foi se libertando da necessidade de uma autoridade exterior em matéria de conhecimento, podendo obtê-lo através de sua própria razão e proclamando dessa forma sua liberdade intelectual. A partir do século XVI, a ciência toma um lugar privilegiado: associa-se ao homem na luta contra as concepções mágicas alimentadas por dogmatismos religiosos. A revolução científica iniciada no século XVII decretou o fim da cosmologia escolástica, impregnada de aristotelismo, e substituiu-a pela física newtoniana, que elaborava representações matemáticas segundo as categorias de espaço, tempo, figura e movimento e tornou-se modelo não somente para as ciências, mas também para a filosofia. Toda uma relação do homem com a natureza se alterou, embora não repentinamente. Ela não é mais sacralizada como nos tempos dos mitos, nem é encarada como a prova viva do pensamento ordenador de Deus como nos tempos medievais⁹.

É nesta fase do esclarecimento – transição da religião para a ciência – que se detém a análise de Horkheimer¹⁰. É um momento em que o projeto iluminista pretendeu retirar definitivamente a religião da posição de árbitro maior de nossas atitudes, por meio de considerações morais, combater qualquer espécie de dogmatismo e superstição e reivindicar para o homem o direito de arbitrar sobre a verdade através de sua razão. Enfim, varrer o dogmatismo religioso, dominante na Idade Média, da esfera de atuação no mundo e substituí-lo pela razão humana, que não se prestaria mais a compreender os mistérios do mundo espiritual, mas sim desvendar os mistérios do mundo material. Posteriormente, ocorre um apaziguamento do conflito entre filosofia e religião, deixando cada um seguir seu curso e delimitando suas esferas de atuação – a ciência trata das coisas da terra, enquanto a religião trata das coisas do céu –, mas tal neutralização abriu caminho para a *suspensão dos juízos de valor em ciência*, pois qualquer tipo de especulação sobre algo impalpável, não quantificável, era considerado metafísico, não objetivo e, portanto, com ligações religiosas. A razão formalizada perdeu o poder e o interesse em arbitrar sobre questões como justiça, liberdade,

⁸ Adorno & Horkheimer (1985), p. 20.

⁹ Japiassu (1999), p. 11, 82, 83.

¹⁰ Horkheimer (2002), p. 25 ss.

igualdade, felicidade e tolerância, que se tornam meras opiniões, questão de gosto ou de ponto de vista.

Desta forma, tais “opiniões”, por não poderem ser demonstradas concretamente – por que a democracia deve ser preferível à tirania? A liberdade à opressão? O conforto material à pobreza? A justiça à injustiça? – são excluídas da argumentação da razão subjetiva. Só pode ser julgado racionalmente aquilo que pode ser *quantificado*, demonstrável empiricamente¹¹. Qualquer enunciado científico que não faça referência a categorias usuais ou formulações matemáticas será imediatamente acusado de ser “teórico demais”¹².

De acordo com esse modelo de razão, todas as coisas e seres só possuem algum valor na medida em que puderem ser úteis a determinada finalidade, nunca como um valor em si. “A natureza (...) é tratada de um modo agressivamente científico; existe para ser dominada; é uma matéria livre de valor, um material”¹³. O que é uma floresta senão um gigantesco banco genético, em sua plenitude de potencialidades? Esquecemos da abundância de vida e beleza que ela guarda e cuja preservação deveria ser considerada um fim em si mesmo, não simplesmente como aproveitamento econômico. Mas não, o importante é a eficiência, a geração de resultados práticos. Horkheimer afirma que “Segundo a filosofia do intelectual médio moderno, só existe uma autoridade, a saber, a ciência, concebida como classificação de fatos e cálculo de probabilidades”. Especular sobre aquilo que não se encaixa nesse padrão – questões morais, por exemplo – “é, cientificamente, verificável e inútil”¹⁴.

Essa forma de razão, a que os frankfurtianos denominam *subjetiva, instrumental* ou *técnica*, encontrará seu lugar definitivo na ciência sob a forma do *positivismo*. Marcuse aponta três significados que esse termo abrangeu desde a sua origem, a saber: “1) a validação do pensamento cognitivo pela experiência dos fatos; 2) a orientação do pensamento cognitivo para as Ciências Físicas como um modelo de certeza e exatidão; 3) a crença de que o progresso do conhecimento depende dessa orientação”¹⁵. Ao identificar tudo o que não se encaixa nesses padrões como formas de pensamento obscurantistas e regressivas, o positivismo não só incorre no mesmo dogmatismo das

¹¹ Horkheimer (2002), p. 17.

¹² Horkheimer (1991), p. 61-62.

¹³ Marcuse (1981), p. 64-65.

¹⁴ Horkheimer (2002), p. 32.

¹⁵ Marcuse (1979), p. 164-165.

doutrinas religiosas que ele pretendeu combater, como abre caminho para que surjam outros.

“Pois o esclarecimento é tão totalitário como qualquer outro sistema. Sua inverdade não está naquilo que seus inimigos românticos sempre lhe censuraram: o método analítico, o retorno aos elementos, a decomposição pela reflexão, mas sim no fato de que para ele o processo está decidido de antemão (...). A natureza é, antes e depois da teoria quântica, o que deve ser apreendido matematicamente. Até mesmo aquilo que não se deixa compreender, a indissolubilidade e a irracionalidade, é cercado por teoremas matemáticos. Através da identificação antecipatória do mundo totalmente matematizado com a verdade, o esclarecimento acredita estar a salvo do retorno do mítico”¹⁶.

Mas o que é uma descrição absoluta da realidade senão uma mitologia? No momento em que o positivismo se proclama uma narrativa totalizadora da realidade, prometendo respostas a todas as questões, transforma-se numa mitologia, justamente o que ele desejava combater. O iluminismo pretendeu varrer o dogmatismo religioso da esfera da ciência, mas substituiu-o pelo dogmatismo positivo, ao não emitir juízos sobre o mundo que não os matemáticos. Se antes a autoridade maior era a sagrada escritura, hoje são a matemática e a funcionalidade¹⁷: “O *factum* tem a última palavra, o conhecimento restringe-se à sua repetição, o pensamento transforma-se em mera tautologia”¹⁸.

O projeto filosófico frankfurtiano procura, pois, destacar os aspectos sombrios do iluminismo, perguntando-se por que suas promessas não foram cumpridas¹⁹. O ideal iluminista de ciência, nas palavras de Rouanet, “era o de um saber posto a serviço do homem, e não o de um saber cego, seguindo uma lógica desvinculada de fins humanos”²⁰. A forma autêntica de progresso é aquela que conduz ao bem-estar de todos, intencionalmente construída, não uma simples consequência da técnica. Na atualidade, porém, a fé na ciência, característica da filosofia das Luzes, é denunciada por não ter promovido sua prometida felicidade universal e ter conduzido a formas mais requintadas de destruição e dominação²¹.

¹⁶ Adorno & Horkheimer (1985), p. 37.

¹⁷ Horkheimer (2002), p. 66; 77.

¹⁸ Adorno & Horkheimer (1985), p. 39.

¹⁹ Matos (1993), p. 31-32.

²⁰ Rouanet (1987), p. 27.

²¹ Rouanet (1987), p. 26; 32.

Vivemos um momento histórico de crítica justificada à filosofia positivista, à sociedade industrial e à dominação da natureza, estando todas elas inter-relacionadas²². Infelizmente, não são somente os aspectos nefastos da ciência – aplicação da tecnologia para fins bélicos e degradação ambiental, por exemplo – o alvo das críticas: elas vão além e atacam a própria tentativa de compreensão racional do mundo. A razão é hoje criticada por estar comprometida com o poder e ser o principal órgão da repressão. Opor-se ao sistema dominante implicaria também se opor à própria racionalidade, tida como inimiga da vida, e deixar falar a voz do coração, colocar mais afeto nas relações humanas e com a natureza, abrir espaço para os tão reprimidos sentimentos de amor e de religiosidade. “Contaminados pelo irracionalismo, os argumentos se dissociaram da análise objetiva da realidade e passaram a fluir de reações emocionais e da repetição irrefletida de antigos protótipos”²³. Diante do atual quadro de degradação ambiental, não faltam propostas de modos alternativos de vida, de ciência e de produção, muitos inspirados em antigas filosofias orientais e ocidentais, cujo objetivo seria nossa rearmonização com o meio natural. “Repetimos velhos protótipos, na ilusão triunfal de estarmos desbravando novos continentes”²⁴.

Seria um erro, porém, considerar que os frankfurtianos advogam a supressão total do pensamento científico-racional contemporâneo. Como afirma Marcuse, “a ciência contemporânea tem validade objetiva imensamente maior de que as suas predecessoras. Poder-se-á até acrescentar que, no presente, o método científico é o único a que se pode atribuir tal validade”²⁵. O pensamento exato pode até mesmo ser considerado um fim em si, na medida em que procura libertar-se de espectros metafísicos e noções sem significado²⁶. A crítica frankfurtiana não procura *negar* simplesmente a ciência positiva, mas reconhecer e apontar suas limitações para que possamos superá-las, reinterrogar a razão a fim de fazê-la cumprir suas promessas não efetivadas²⁷.

A crítica à razão está certa ao denunciar as deformações da modernidade, como a vida crescentemente administrada, a aplicação da ciência para fins bélicos e o lucro exorbitante como objetivo a ser atingido a qualquer custo²⁸. Contudo, é necessário

²² Horkheimer (2002), p. 68.

²³ Rouanet (1987), p. 17.

²⁴ Rouanet (1987), p. 18.

²⁵ Marcuse (1979), p. 160.

²⁶ Marcuse (1979), p. 163-164.

²⁷ Matos (1993), p. 63.

²⁸ Rouanet (1987) p. 25.

compreender que essa razão tecnológica, em última instância, é *irracional*, e que não é a razão o opressor, mas o *irracionalismo*. A alternativa autêntica não é entre a prática descompromissada e a razão tecnológica, mas entre esta e a *nova razão*, emancipadora, crítica e consciente de seus limites, apta a devassar suas leis e estruturas e desmascarar discursos pretensamente racionais²⁹. A nova idéia de razão e sua nova função foram expressas em proposições bastante simples, porém plenamente eloqüentes, de Whitehead, citado por Marcuse: “‘**A função da razão é promover a arte da vida**’. Em vista desse fim, a razão é a ‘direção do ataque ao ambiente’ que resulta do ‘impulso tríplice: 1) de viver, 2) de viver bem, 3) de viver melhor’”³⁰.

Mas essa crítica não se esgota em sua formulação; ela necessita de um fundamento normativo. Só pode ser considerada verdadeiramente racional se tiver a seu dispor uma ética com a qual possa combater esse estado de coisas³¹.

Mas não será a tentativa de retomada do discurso ético uma tarefa infrutífera diante de uma ciência que parece ter se convertido definitivamente em poderosa arma de destruição em massa fora de nosso controle? De acordo com Bronowski, “A ciência não parou desde Hobbes, mas assuntos tais como a ética pararam”³². A despeito dos inumeráveis progressos na ciência, no campo dos valores ainda pensamos como os escolásticos, para quem os conceitos devem permanecer imutáveis porque são inspirados ou evidentes por si mesmos. Num mundo em permanente e acelerada mudança, como o atual, não haveria, pois, base sólida para sustentar qualquer valor, o que conduziu à rejeição de tentativas de formulá-los³³. Adorno, contudo, contesta tal pensamento e considera que há, sim, uma base muito sólida neste mundo para sustentar algum valor: a lembrança da barbárie de Auschwitz e o medo de sua repetição. E é com base nessa lembrança e nesse medo que Adorno formulará um novo imperativo categórico, o único verdadeiramente possível e necessário nesta cultura: “Pensar e agir de modo que Auschwitz não se repita, que nada parecido aconteça”³⁴.

Muitas são as críticas dirigidas à Escola de Frankfurt, fazendo referências a seu suposto elitismo, seu profundo niilismo e à ausência de uma proposta concreta a ser adotada para remediar as questões discutidas. Dessas críticas a Frankfurt, a mais famosa é elaborada por Lukács, conhecida como “Grande Hotel Abismo”: os frankfurtianos

²⁹ Rouanet (1987) p. 13; 20; 31.

³⁰ A. N. Whitehead, *The function of reason*, p. 5 e 8, citado por Marcuse (1979), p. 211. Grifo nosso.

³¹ Rouanet (1987) p. 32.

³² Bronowski (1979), p. 45.

³³ Bronowski (1979), p. 46.

³⁴ Adorno, *Dialética negativa*, p. 286, citado por Delacampagne (1997), p. 182.

estão hospedados num luxuoso hotel à beira de um abismo, onde o restante da humanidade está sendo desesperadamente atirado, mas os autores, entretidos com os espetáculos artísticos do hotel, nada pretendem fazer a respeito³⁵. Consideramos essa crítica um tanto injusta. Sendo leitores de Nietzsche, Weber e Schopenhauer, vítimas da perseguição anti-semita durante a Segunda Grande Guerra e espectadores da decadência cultural em escala planetária a partir da década de 1950, não há mesmo maneira de surgir algum resquício de otimismo nas obras frankfurtianas. A recorrente crítica dirigida aos frankfurtianos em relação ao seu notório niilismo freqüentemente não se dá conta de dois fatos: primeiro, que os problemas por eles discutidos estão majoritariamente localizados em sociedades capitalistas avançadas, onde as tradições esquerdistas ou são muito frágeis ou jamais chegaram a se formar, enquanto as sociedades pouco desenvolvidas estão permanentemente vulneráveis à adoração do capitalismo, dado que o menor desenvolvimento tecnológico já seria para elas uma bênção³⁶; segundo, que talvez o niilismo não esteja somente nas obras frankfurtianas, mas sim *no mundo*. Talvez o existente não ofereça mesmo solução e os frankfurtianos não façam mais que descrevê-lo. Ser otimista nesta cultura é uma opção pessoal, enquanto ser pessimista é simplesmente enxergar a realidade. De fato, a saída oferecida pelos autores, de transcender o existente através da fruição estética individual, parece mesmo metafísica e difícil de ser defendida. Reconhecemos, também, que o niilismo da escola precisa ser superado, “se não se quer engrossar as fileiras daqueles que se nutrem diariamente da catástrofe”³⁷. Dessa forma, acreditamos que a proposta defendida neste trabalho e amparada pela Escola, de tentar resgatar as idéias em torno do valor intrínseco da vida, apresenta-se como uma solução viável e adequada para superar minimamente esse niilismo.

Há também quem não critique a Escola de Frankfurt em si, mas sim a considere desatualizada ou não aplicável ao mundo atual: os problemas discutidos pelos frankfurtianos eram outros; o mundo mudou bastante desde o final da Segunda Guerra, não temos mais indústria cultural, racismos, totalitarismos, guerras, exclusão social, tecnologia desvirtuada. Esta crítica a mim parece tão descabida e tão insustentada que me recuso a gastar tempo, papel e tinta para refutá-la.

³⁵ Duarte (1993), p. 117.

³⁶ Adorno (1993), p. 45; Marcuse (1979), p. 222-223.

³⁷ Duarte (1993), p. 117.

Finalizada essa breve descrição sobre o que este trabalho *é*, convém agora dedicarmos algumas palavras à descrição do que este trabalho *não é*, apresentando um conjunto de filósofos diretamente criticados pelos frankfurtianos, a fim de melhor compreender determinados pontos e sutilezas dessa escola e como esse debate se insere na ciência na atualidade.

3.2 Para uma crítica dos “admiradores de Carnap na Índia”

A expressão *Círculo de Viena* faz referência a um conjunto de filósofos que se reuniam na Viena da década de 1920 para discutir questões referentes ao papel da metafísica e da filosofia para a atividade científica. Batizado de *neopositivismo*, *positivismo lógico* ou *empirismo lógico*, o Círculo contava entre seus componentes com Moritz Schlick e Rudolf Carnap, para ficarmos apenas nos principais³⁸. Da mesma forma que os frankfurtianos, inserem-se no contexto político do entre-guerras, numa Áustria que herdou as tendências conservadoras do Império Austro-Húngaro, sustentadas pela Igreja Católica e pelo nacionalismo austro-germânico de direita. Nesse contexto, o projeto vienense apresenta-se também com um conteúdo político, ao questionar as concepções de mundo excessivamente teologizantes e pseudo-científicas das forças reacionárias então atuantes³⁹. Muito embora seus membros tivessem algumas divergências teóricas, dois traços gerais podem ser identificados: o interesse pela lógica e o empirismo radical⁴⁰.

As principais influências intelectuais dos teóricos de Viena são representadas por Ludwig Wittgenstein e Ernst Mach. Para Wittgenstein, a maioria dos problemas

³⁸ Delacampagne (1997), p. 102.

³⁹ Oliveira (2002), p. 82.

⁴⁰ Delacampagne (1997), p. 102.

filosóficos são falsos problemas, fruto de um mal-entendido lingüístico, uma má formulação do enunciado. A única utilidade da filosofia seria, pois, esclarecer os pensamentos, dissipar as dúvidas quanto ao significado dos termos⁴¹. Quando dizemos, por exemplo, “Minha vassoura está no canto”, devemos deixar claro o que entendemos por “vassoura” nesta sentença: falamos do cabo, da escova ou de ambos? O emprego de termos amplos demais pode dar margem a interpretações alternativas inconvenientes, por isso “se as palavras ‘linguagem’, ‘experiência’, ‘mundo’ têm um uso, este deve ser tão simples quanto o das palavras ‘mesa’, ‘lâmpada’, ‘porta’”. “Devemos abolir toda *explicação* e somente a descrição deve tomar o seu lugar”⁴². A função da ciência seria tão-somente *descrever* o mundo – da mesma forma, esclarecendo os termos –, e não *explicá-lo*. Quanto ao restante das reflexões filosóficas – divagações metafísicas, discursos sobre valores... –, por envolverem conceitos de significados muito amplos, ambíguos ou mesmo contraditórios, seria melhor a filosofia se calar⁴³.

Mach, por sua vez, adota um sensorialismo radical: não faz sentido perguntar sobre a essência dos objetos quando tudo a que temos acesso são as impressões causadas por eles aos nossos sentidos; somente o que está acessível ao nosso aparelho sensorial pode ser objeto de conhecimento. Também é hostil a toda metafísica, rejeitando todo enunciado dotado de um sentido puramente aparente, mas que não fizesse referência a nenhum objeto do mundo material⁴⁴.

As obras dos membros do Círculo de Viena são marcadas pelo objetivo de substituir as especulações metafísicas e filosóficas por um modo científico de pensamento, fiel às regras da lógica e às imposições da experiência⁴⁵. Qualquer conhecimento que não tenha base empírica, que não seja testável pelo confronto com os fatos, como ocorre nas ciências naturais, não é de forma alguma *conhecimento*. A validação por testes de verificação garante que os enunciados se tratam de conhecimento e não de uma simples especulação metafísica⁴⁶. A filosofia não desaparece; porém, deve se limitar a discutir questões lógicas e epistemológicas, ou seja, ela está na dependência dos conhecimentos científicos, não servindo mais aos

⁴¹ Delacampagne (1997), p. 55-56.

⁴² Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, p. 45 e 47, citado por Marcuse (1979), p. 169-170. Grifo no original.

⁴³ Delacampagne (1997), p. 56.

⁴⁴ Delacampagne (1997), p. 102.

⁴⁵ Delacampagne (1997), p. 103.

⁴⁶ Araújo (2003), p. 41.

propósitos de esclarecer os fundamentos ou de ser um pensar sobre o mundo histórico e real dos homens⁴⁷.

O texto considerado o manifesto do Círculo, intitulado *A concepção científica do mundo: o Círculo de Viena*, explicita seu desejo de acabar com a metafísica, rejeitando enigmas insolúveis e acreditando somente na análise lógica⁴⁸:

“Caracterizamos a *concepção científica do mundo* essencialmente mediante duas determinações. Em primeiro lugar, ela é empirista e positivista: há apenas conhecimento empírico, baseado no imediatamente dado. Com isso delimita o conteúdo da ciência legítima. Em segundo lugar, a concepção científica do mundo se caracteriza pela aplicação de um método determinado, o da *análise lógica*. O esforço do trabalho científico tem por objetivo alcançar a ciência unificada, mediante a aplicação de tal análise lógica ao material empírico”⁴⁹.

“O metafísico e o teólogo, compreendendo mal a si próprios, crêem expressar algo com suas proposições, descrever um estado de coisas. A análise mostra, todavia, que tais proposições nada significam, sendo apenas expressão de algo como um sentimento perante a vida (...) *simula-se um conteúdo teórico onde não existe nenhum* (...) não produzem teoria, isto é, comunicação de conhecimento, mas poesia ou mito”⁵⁰.

A quem afirmasse, por exemplo, “Deus existe”, o positivista lógico não responderia: “O que você diz é mentira”, mas sim perguntaria: “O que você quer dizer com esse enunciado?” ou “O que você entende por ‘Deus?’”⁵¹.

Aparece então uma nítida demarcação: de um lado, estão os enunciados da ciência, aqueles que, pela análise, podem ser reduzidos a enunciados referentes a um dado empírico. Do outro, estão os enunciados metafísicos, que, não descrevendo nenhum objeto material, são pseudo-enunciados. Não podendo ser reconstruído sobre uma base estritamente empírica, o discurso metafísico só pode pender para a insensatez. É contra esses enunciados desprovidos de sentido que o cientista deve lutar: a ciência está repleta de irracionalismos metafísicos que devem ser sumariamente rejeitados, expurgados através da análise lógica⁵².

⁴⁷ Araújo (2003), p. 40.

⁴⁸ Delacampagne (1997), p. 107.

⁴⁹ Hahn; Neurath; Carnap (1986), p. 12. Grifos no original.

⁵⁰ Hahn; Neurath; Carnap (1986), p. 10-11. Grifo nosso.

⁵¹ Hahn; Neurath; Carnap (1986), p. 10.

⁵² Delacampagne (1997), p. 108-111.

Termos como “Deus”, “idéia”, “eu”, “consciência”, “liberdade”, “absoluto”, “valor”, entre tantos outros, não são mais que um amontoado desconexo de sons, um grunhido; são pseudo-enunciados, e discussões sobre eles são pseudoproblemas⁵³. Os pseudo-enunciados são simplesmente uma consequência nefasta de nossa linguagem comum, que permite juntar sílabas para formar palavras e sentenças sem significado empírico. Um dos exemplos de Carnap é a sentença “Esse triângulo é virtuoso”. Não podemos atribuir, sem assassinar a lógica, o predicado “virtuoso” a um triângulo. Isso só é possível porque a nossa linguagem cotidiana é falha, o que não ocorre com a linguagem matemática: “ $2+2=5$ ” é imediatamente percebido como absurdo. Daí a preocupação constante com a *clarificação dos conceitos*, para não se cometer esse tipo de engano: por que não podemos atribuir o predicado “virtuoso” a um triângulo? O que é um triângulo? O que é virtuoso? Por que a noção de “virtuoso” não combina com a noção de “triângulo”?⁵⁴ Escapar a esse inconveniente implicaria em um cuidadoso esclarecimento dos termos empregados, para evitar quaisquer ambigüidades e conclusões ilógicas. Quando não restar a menor dúvida quanto ao significado e às possibilidades de emprego dos termos, estarão afastados os fantasmas do irracionalismo e da metafísica.

O leitor que estiver acompanhando este trabalho já deverá, a esta altura, fazer uma boa idéia do que os frankfurtianos pensam da filosofia vienense. É de Carnap que Adorno se lembra ao apontar o fenômeno da identificação com o agressor entre os acadêmicos, ao mostrar o quanto a filosofia positivista desperta admiração, consciente ou inconsciente, principalmente entre os excluídos da cultura positiva e que, justamente por isso, deveriam ser seus maiores críticos: a estas pessoas, Adorno chama “admiradores de Carnap na Índia”⁵⁵. Será que o remédio para os desvios da ciência e da filosofia verificados de uns dois séculos para cá é mesmo uma análise lingüística, que curaria o pensamento de confusas noções metafísicas? “Serão a exatidão e a clareza um fim em si, ou estarão comprometidas com outros fins?”⁵⁶, pergunta Marcuse. Para este autor, tais preocupações são um tanto descompromissadas com a realidade: “Wittgenstein dedica muita argúcia e muito espaço à análise de ‘Minha vassoura está no canto’”⁵⁷. Definitivamente, não agrada nem um pouco aos frankfurtianos uma forma de

⁵³ Carnap (1980), p. 159.

⁵⁴ Carnap (1980), p. 157.

⁵⁵ Adorno (1993), p. 45.

⁵⁶ Marcuse (1979), p. 168.

⁵⁷ Marcuse (1979), p. 167.

filosofia preocupada tão-somente com uma *descrição* do mundo tão simples quanto possível – formatando o pensamento de acordo com o uso comum da linguagem e incitando-o a não buscar soluções além das já existentes⁵⁸ – e que elimina os conceitos necessários à *compreensão* do mundo. A seguinte passagem de Adorno segue a mesma linha:

“Por outro lado, os positivistas precisam fazer o sacrifício de abandonar a posição denominada por Habermas de ‘não-estou-entendendo’, não desqualificar simplesmente como ininteligível tudo o que não é concorde com categorias como os seus ‘critérios de sentido’ (...) O triunfo de Carnap, segundo o qual da filosofia não restará nada, a não ser o método: o da análise lógica, constitui o protótipo de uma decisão prévia *quasi ontologica* para uma razão subjetiva. O positivismo, para o qual contradições são anátemas, possui a sua mais profunda e inconsciente de si mesma [contradição], ao perseguir, intencionalmente, a mais extrema objetividade, purificada de todas as projeções subjetivas, contudo apenas enredando-se sempre mais na particularidade de uma razão instrumental simplesmente subjetiva”⁵⁹.

Ou seja: quando o objetivo da filosofia da ciência se torna simplesmente clarear os conceitos, ela regride justamente à razão subjetiva que pretende negar, pela perda do poder crítico. Quem conhece qualquer obra frankfurtiana (talvez a única exceção seja o *Eclipse da Razão*, que o próprio Horkheimer considera uma obra de vulgarização da teoria), sabe bem que o esclarecimento dos termos é sua última preocupação. Os frankfurtianos, especialmente Adorno, temiam muito a possibilidade de suas obras caírem nas garras da *indústria cultural* e, dali a alguns anos, poderem ser encontradas em qualquer cabine automatizada de venda de bugigangas no metrô. Também por isso Adorno desistiu da idéia de redigir sua obra em inglês e decidiu fazê-lo em seu próprio idioma, o alemão – idioma que, se já não possui a característica de ser facilmente compreensível pelo restante da humanidade, fica ainda mais complicado por meio dos rebuscamentos e enigmas empregados pelo autor, a ponto de ter sido criada uma gíria, para designar um alemão excessivamente rebuscado: “alemão Adorno”. Os frankfurtianos usam, portanto, uma linguagem deliberadamente obscura, o que dificulta muito seu estudo, justamente para continuarem impopulares. Idealizam uma espécie de público-alvo – que definitivamente não é o mesmo das obras de Paulo Coelho –, partindo do princípio de que sua inteligência e sua bagagem cultural não são assim tão

⁵⁸ Marcuse (1979), p. 169.

⁵⁹ Adorno (1991), p. 109-110.

limitadas. Quando Adorno simplesmente solta como exemplo de sua crítica aos apaixonados pelo positivismo o grupo dos “admiradores de Carnap na Índia”, parte do princípio de que seu leitor sabe quem é Carnap, o que é a Índia e por que é um absurdo ser admirador de Carnap na Índia. Se não sabe, é obrigação do leitor procurar saber, e não do autor se explicar. Essa postura dos frankfurtianos tem rendido décadas de críticas ao seu suposto elitismo e sentimento de superioridade em relação ao restante da infeliz, miserável e inculta humanidade. De fato, muitas dessas críticas são difíceis de serem refutadas até mesmo pelos maiores apaixonados pela escola, mas essa atitude dos autores, tem, sim, uma missão real: combater o crescente antiintelectualismo. Simplificar a linguagem surtiria, sem dúvida, o efeito contrário. Sim, concordamos com a atitude de Adorno: é obrigação do leitor procurar saber, e não do autor se explicar.

3.3 Importância da pesquisa para a Geografia

Passemos agora a situar nosso debate sobre o método no contexto da Geografia, deixando claro de antemão que as críticas levantadas *não* são privilégio desta ciência.

O anseio desenfreado pela clarificação e especificidade dos conceitos, de que tratamos na seção anterior, conduziu o positivismo contemporâneo a um mundo de concreção acadêmica empobrecido e criou mais problemas ilusórios do que aqueles que pretendeu destruir. Já dissemos que, ao empregarmos termos amplos demais, corremos o risco da falta de clareza e de especificidade; contra esse perigo, ou clarificamos suficientemente tais noções, ou empregamos termos tão simplificados e específicos quanto possível. Tal atitude se reflete na academia através de uma crescente demanda pela clarificação, delimitação, objetividade e especificidade das pesquisas. Não que a delimitação, a objetividade e a especialização sejam *em si* um problema, são mesmo necessárias; o problema está em considerá-las como *fins em si*, o que resulta, nos últimos anos, na multiplicação dos estudos de caso, estudos de caso do estudo de caso, estudos de caso dos estudos de caso do estudo de caso, objetos cada vez mais restritos

no espaço e no tempo, tentativas de correlações altamente imaginativas e pesquisas que se limitam a provar o óbvio, não contribuindo, dessa forma, para qualquer avanço do estado atual do conhecimento. Todos esses procedimentos têm levado à proliferação de trabalhos de uma relevância incomparável, algo do tipo *“Investigação preliminar sobre os efeitos da variabilidade interanual da precipitação sobre as articulações da pata esquerda do terceiro par de filhotes prematuros da aranha-marrom das florestas semi-decíduas da Federação dos Estados da Micronésia”*, e se alguém perguntar sobre as patas direitas o cientista não saberá responder! Talvez o exemplo pareça exagerado e injusto⁶⁰. Contudo, sabemos bem que ele possui um fundo de verdade e, afirma Marcuse, nem a mais obscura metafísica ostentou preocupações tão artificiais e insignificantes⁶¹.

Serão tais clareamentos de linguagem e especialização da pesquisa um objeto válido de investigação? “Poderá a mais exata e esclarecedora descrição da degustação de algo que pode ou não ser abacaxi contribuir para a cognição filosófica?⁶²”. Que mundo é esse que demanda tão relevante e imprescindível análise?

“Esse contexto da experiência mais amplo, esse mundo empírico real, é ainda, hoje em dia, o das câmaras de gás e dos campos de concentração, de Hiroxima e Nagasáqui, dos Cadillacs americanos e Mercedes alemães, do Pentágono e do Kremlin, das cidades nucleares e das comunas chinesas, de Cuba, das lavagens da mente e dos massacres. Mas o mundo empírico é também aquele em que essas coisas são tidas como fatos consumados ou esquecidas ou reprimidas ou desconhecidas, no qual as criaturas são livres. *É um mundo no qual a vassoura que está no canto ou o gosto de algo como o abacaxi são importantes*, no qual a labuta diária e as comodidades diárias são talvez as únicas coisas que constituem toda experiência”⁶³.

“A coerção obstinada de preferivelmente resguardar a correção daquilo que é irrelevante, do que refletir sobre algo relevante, com perigo de erro, pode ser considerada como um dos sintomas mais difundidos da consciência regressiva”⁶⁴.

Uma ciência e uma filosofia com preocupações tão simplórias, num mundo com tantos objetos urgindo uma crítica incisiva, são uma ciência e uma filosofia

⁶⁰ O que, honestamente, não é minha opinião.

⁶¹ Marcuse (1979), p. 177. Seu exemplo é “Seqüência assimétrica Tríplice-princípio-Cegueira-Camundongueria artificialmente construída de acordo com os princípios puros da ideografia”.

⁶² Marcuse (1979), p. 171.

⁶³ Marcuse (1979), p. 171-172. Grifo nosso.

⁶⁴ Adorno, *Dialética Negativa*, p. 172, citado por Duarte (1993), p. 101.

regressivas, frutos e sementes deste existente, comprometidas com sua perpetuação e incapazes de transformá-lo.

Esse tipo de empirismo ingênuo de fato expurga a ciência e a filosofia de fantasmas e ilusões metafísicas, o que não é somente legítimo mas é até correto, porque revela até que ponto as idéias, aspirações, lembranças e imagens não adaptáveis à racionalidade técnica e transformadoras do existente se tornaram desprezíveis, irracionais, perturbadoras ou sem significado⁶⁵. Não queremos dizer que os cientistas e filósofos que adotam essa postura o fazem propositalmente, mas pretendemos apontar a necessidade de uma permanente vigilância, para evitar incorrer nessa atitude. Adorno e Horkheimer advertem que

“É característico de uma situação sem saída que até mesmo o mais honesto dos reformadores, ao usar uma linguagem desgastada para recomendar a inovação, adota também o aparelho categorial inculcado e a má filosofia que se esconde por trás dele, e assim reforça o poder da ordem existente que ele gostaria de romper”⁶⁶.

E, conforme veremos, as *ciências ambientais* não estão imunes a essa conformidade com o existente.

Diante de um quadro de atenções na ciência voltadas à questão ambiental, por ser justamente uma ciência das inter-relações entre as sociedades humanas e o meio natural, a Geografia tem sido aclamada por alguns como desfrutadora de um lugar privilegiado nas pesquisas teóricas e aplicadas sobre o aquecimento global⁶⁷. Será mesmo? Pergunta-se: a emergência das questões ambientais atuais – verdadeiras ou falsas, não importa – demanda uma melhor *compreensão do funcionamento dos ecossistemas*, incitando à preservação de todos os seus componentes, ou, ao contrário, uma *reflexão sobre os modelos de pensamento* que criaram, legitimam e perpetuam – ainda que maquiadas de verde – a degradação da natureza e do ser humano? Brügger aponta que a Geografia e a Ecologia, ciências comumente aclamadas como ambientais por excelência, não abrem mais caminho para a interdisciplinaridade e para um tratamento adequado dessa questão do que, por exemplo, a Filosofia, e diz que “não há por que distinguir o conhecimento em áreas ‘mais’ ou em áreas ‘menos’ ambientais”⁶⁸.

⁶⁵ Marcuse (1979), p. 177.

⁶⁶ Adorno & Horkheimer (1985), p. 14.

⁶⁷ Balling Jr. (2000), p. 115.

⁶⁸ Brügger (2004), p. 45.

Há mesmo autores que atribuirão a tarefa de refletir sobre as questões ambientais da atualidade predominantemente à Filosofia, capaz de mostrar o quanto é ilusório crer que a simples tomada de medidas econômicas, transformações nos padrões energéticos e tecnológicos ou aprimoramentos de nossos conhecimentos sobre os diferentes biomas seriam suficientes para superar a crise ecológica, “uma vez que a carreira triunfal do pensamento técnico-científico e das transformações por ele provocadas assentam sobre os trilhos de decisões categoriais e da criação de valores”⁶⁹. Não obstante, grande parte dos cientistas contemporâneos, absorvidos em sua especialidade, são incapazes, desinteressados ou mesmo se recusam a refletir sobre os pressupostos teóricos e valorativos de sua pesquisa, bem como as consequências de seu agir prático⁷⁰. Tal reflexão pode parecer até mesmo sem sentido, uma vez que boa parte de nosso conhecimento é construída através de trabalhos práticos. Não estamos questionando com isso a validade da ciência assim construída *em si*, mas sim a crescente disseminação da atitude antiintelectualista segundo a qual seria desnecessária qualquer reflexão que transgredisse as paredes do laboratório:

“A hostilidade que reina hoje em dia na opinião pública a qualquer teoria se orienta na verdade contra a atividade modificadora ligada ao pensamento crítico. Se o pensamento não se limita a registrar e classificar as categorias da forma mais neutra possível, isto é, não se restringe às categorias indispensáveis à *práxis* da vida, nas formas dadas, surge imediatamente uma resistência”⁷¹.

A hostilidade ao pensamento crítico se reflete na Geografia, entre outras maneiras, na forma de pressões constantes pela sua *aplicabilidade*. Cada vez mais as pesquisas teóricas perdem espaço para as aplicadas, reflexo de uma sociedade sedenta de provas empíricas e resultados práticos, o “louvor da perícia técnica” de que nos fala Horkheimer⁷². Esse modelo de produção de conhecimento, imposto de fora pelas universidades e agências de fomento, é então introjetado pelos pesquisadores, que passam eles próprios a se encaminhar para a pesquisa aplicada, com maiores chances de sucesso e financiamento, em detrimento da pesquisa teórica, considerada de menor importância. “O medo da impotência da teoria fornece o pretexto para se entregar ao todo poderoso processo de produção, com o que então se admite plenamente a

⁶⁹ Müller (1996), p. 14.

⁷⁰ Müller (1996), p. 24.

⁷¹ Horkheimer (1991), p. 61.

⁷² Horkheimer (2002), p. 53.

impotência da teoria”⁷³. O argumento é sempre o mesmo: a prática contém sua verdade imanente e dispensa toda teoria, uma atitude de caricatura malfeita da tese dialética de que a prática deve servir de base à teoria, transformada no empirismo ingênuo que criticamos até agora, em que a prática não necessita de nenhuma teoria e, supostamente dissociada de qualquer referencial, vale por si própria⁷⁴. De nenhuma forma acreditamos que tal mentalidade possa trazer algum progresso para a Geografia ou qualquer outra área do conhecimento. No momento em que a Geografia toma o caráter de ciência aplicada e os geógrafos procuram esquecer seu negro passado teórico, sua ciência perde seu poder crítico e, em sendo supostamente neutra, abre-se para cooptar com a mesma ordem que gerou a degradação ambiental que seus EIA-RIMAs e projetos de recuperação procuram corrigir.

A primeira importância deste trabalho para a Geografia reside, então, na sugestão das potencialidades do referencial teórico frankfurtiano, ainda pouco explorado pela nossa ciência. Embora ainda algumas tendências valorizem mais seu progresso técnico, consideramos que nossa ciência carece um pouco de abertura a referenciais teóricos novos, que certamente podem trazer-lhe valiosas contribuições. A segunda faz referência à necessidade de uma atitude um pouco mais crítica em relação à ciência produzida em torno da hipótese do aquecimento global, de não aceitar passivamente tudo o que é produzido ou publicado, e de arriscar alguma reflexão que aparentemente escape aos limites do objeto, mas revela-se imprescindível para sua melhor compreensão.

Uma última palavra deve ser dita quanto à metodologia adotada neste trabalho: é sobre as relativizações. A relativização dos conceitos e críticas parece ter se tornado uma regra metodológica tão importante quanto a experimentação. É “politicamente correto” não fazer afirmações categóricas, para não passarmos por fundamentalistas, pretensos donos da verdade, sem abertura a novas opiniões. A idéia embasadora dessa “nova metodologia” é a de que existem casos que escapam à regra e, assim, a generalização seria um erro. Ocorre que determinadas relativizações podem fazer-nos incorrer no falacioso argumento das pequenas estatísticas: segundo esse raciocínio, poderíamos seguramente afirmar que o preconceito racial não é um empecilho à ascensão social no Brasil, porque Milton Santos, um negro, conseguiu se tornar professor emérito da USP. Ou que todos nós temos amplas possibilidades de ascensão

⁷³ Adorno (1993), p. 57.

⁷⁴ Rouanet (1987), p. 17-18.

social, basta empenho e vontade, porque um operário do Grande ABC se tornou presidente da República. *Tão poucas exceções não servem para invalidar uma regra.* Se um certo fenômeno ocorre na grande maioria dos casos, a generalização não pode ser considerada um erro. Tomada nesse sentido, a relativização implica em redução do poder crítico da teoria, como se determinada situação não fosse tão ruim assim e pudesse até ser tolerada; devemos ser otimistas, pois tudo tem seu lado bom. Tal conduta revela facilmente sua ingenuidade e desconhecimento da situação e seus possíveis desdobramentos, não raro regressivos. Não fazemos relativizações ou concessões: os *global warmers*, a quem nos opomos, não possuem tal inibição.

4. A impregnação pragmatista na cultura

“Pois não é preciso que estas hipóteses sejam verdadeiras ou mesmo prováveis; se fornecerem um cálculo consistente com as observações, isto só basta”

(Andréas Osiander, prefácio a *A Revolução das Esferas Celestes*, de Copérnico, 1543)

4.1 Origens

Qual o objetivo da ciência? O que ela tem a nos dizer sobre o mundo, sobre a realidade das coisas? A resposta mais simples e óbvia a esses questionamentos é a de que a ciência permite conhecer a realidade e saber o que ela é verdadeiramente. Assume-se um mundo exterior cuja existência é independente das capacidades cognitivas humanas, cabendo pois à ciência a tarefa de explicar, por meio de constantes refinamentos, suas características e funcionamento de maneira cada vez mais aperfeiçoada, aproximando-se cada vez mais do conhecimento pleno do real, a verdade absoluta. Dito de outra forma, o objetivo da ciência deve ser o de produzir teorias verdadeiras sobre o mundo. A esta posição epistemológica denominamos *realismo*¹. Podemos supor que seja uma posição evidente e que tenha predominado entre os cientistas até o surgimento dos formalismos da Física no início do século XX. Na verdade não é bem assim, pois os questionamentos sobre a natureza e objetivos do conhecimento científico parecem ser quase tão antigos quanto a própria ciência, embora os debates em torno do realismo e suas alternativas tenham adquirido maiores evidência e relevância nas últimas décadas.

¹ Chalmers (1993), p. 188.

Segundo Plastino, embora não haja uma maneira essencialmente correta de formular o realismo científico, podemos destacar algumas de suas principais teses, a saber: existe um mundo exterior definido, em grande parte independente de nossas capacidades cognitivas; é objetivo da ciência alcançar informações corretas e formular teorias verdadeiras sobre os elementos e a estrutura do mundo; e é possível o acesso epistêmico ao mundo, cabendo às teorias científicas, através de constantes refinamentos, produzir um conhecimento cada vez mais próximo da verdade. Desse modo, postulando a existência objetiva das coisas e entendendo a verdade como correspondência à realidade, a posição realista confere legitimidade à ciência concebendo-a como um empreendimento capaz de produzir um conhecimento cada vez mais verdadeiro sobre o mundo². É precisamente porque as entidades postuladas pela ciência são reais e suas teorias são aproximadamente verdadeiras que ela vem sempre alcançando cada vez mais êxito, fazendo previsões corretas, intervindo com eficácia na ordem natural e passando nos testes comprobatórios³. Por sua vez, o êxito instrumental da ciência é uma demonstração da existência das entidades teóricas. A existência explica o sucesso e o sucesso confirma a existência!

Laudan criticará essa noção claramente circular procurando demonstrar, citando exemplos históricos, que não há qualquer relação entre a existência concreta dos termos teóricos postulados e o êxito instrumental da teoria⁴. Podem ser lembradas teorias e entidades muito bem sucedidas no passado – os epiciclos do geocentrismo, éter (em suas diversas formas), geração espontânea, inércia circular, flogístico –, mas que, à luz de uma perspectiva realista, não fazem referência a entidades reais perante nosso conhecimento atual. Da mesma forma, uma teoria que postule objetos reais na concepção realista pode não ser bem sucedida em algum momento; um dos exemplos de Laudan trata da idéia da movimentação lateral dos continentes, que só passou a ser aceita em larga escala a partir da década de 1960. Chalmers atentará para outra dificuldade das teses realistas: o problema da falta de convergência nas mudanças teóricas. Se há apenas *uma* realidade, a ciência deveria estar se aproximando cada vez mais do conhecimento desta realidade, formulando teorias cada vez mais detalhadas; entretanto, por vezes, não é isto o que se verifica – basta lembrar a transição do sistema geocêntrico para o sistema heliocêntrico. Como é possível que uma seqüência

² Plastino (1995), p. 11.

³ Laudan (1984), p. 109.

⁴ Laudan (1984), p. 111 ss.

descontínua de teorias possa ser interpretada como se aproximando cada vez mais de uma descrição verdadeira do mundo?⁵.

Diante de tais dificuldades, algumas dúvidas se colocam: se existem teorias passadas “falsas”, que garantias temos de que as teorias atuais sejam verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras? Tentando escapar a esse incômodo, um realista diria, afirma Laudan, que as teses tipicamente realistas aplicam-se somente à “ciência madura”. Pois bem, o que seria, então, uma “ciência madura”? Quais os critérios para defini-la? Madura com relação a quê ou quem? Considerar apenas a ciência contemporânea, especialmente a Física, como “madura”, e imputar somente a ela as teses realistas, significa suprimir a principal instância minimamente confirmadora da hipótese realista, o passado que, observado retrospectivamente, sugere um progresso cumulativo da ciência. Que garantias temos de que nossas teorias estão caminhando em direção à verdade? O que é a verdade? O realista supõe sujeitos plenamente racionais, cujo único princípio norteador seja a descoberta da verdade sobre o mundo, e uma noção de verdade independente das capacidades humanas, algo como “o ponto de vista do olho de Deus”⁶. Enfim, um ponto de vista exterior às circunstâncias humanas a partir do qual se julga se uma teoria está se aproximando da verdade. Existe esse ponto? Como ter acesso a esse “ponto de vista de Deus”, à verdade? Como saber se o conhecimento que temos diante de nós é verdadeiro ou falso?

“Ainda que a verdade possa ser rigorosamente definida e seja em princípio atingível, não há um critério operacional cuja satisfação garanta que um enunciado ou sistema de enunciados da ciência empírica seja verdadeiro ou se aproxime assintoticamente da verdade (em termos realistas). Portanto, mesmo diante de uma verdade científica não saberíamos identificá-la ou reconhecê-la como tal”⁷.

Plastino aborda outra dificuldade, relacionada à idéia de que as teorias científicas são empiricamente subdeterminadas, ou seja, que descrevem o mundo como ele de fato é, citando a conhecida metáfora dos relógios apresentada por Descartes. Consideremos dois relógios que marcam exatamente a mesma hora, mas cujos mecanismos internos são inteiramente diferentes um do outro. Se tudo a que temos acesso é a aparência externa dos relógios, não temos condições de inferir como são seus mecanismos. Daí

⁵ Chalmers (1993), p. 199.

⁶ Plastino (1995), p.60.

⁷ Plastino (1995), p. 14.

podemos considerar que, para um mesmo fenômeno, podem ser construídas teorias diferentes, ou mesmo incompatíveis, mas empiricamente equivalentes⁸. O exemplo citado por Plastino é a clássica incompatibilidade entre as teorias corpuscular e ondulatória da luz. Se duas teorias incompatíveis entre si explicam igualmente bem um fenômeno, qual delas é a verdadeira? O autor alerta que “não poderíamos tomar como verdadeiras todas as teorias empiricamente satisfatórias, sob pena de contradição”⁹. No entanto, há quem o faça, dotando o elétron de alguma propriedade mágica que o torne por vezes onda e por vezes partícula. Na verdade, não é o elétron que possui dupla personalidade; há, simplesmente, teorias segundo as quais ele é onda e teorias segundo as quais ele é partícula.

Postos estes questionamentos, convém perguntar-nos se o objetivo da ciência é ou deveria ser mesmo a descoberta da verdade sobre o mundo. A seguinte citação de James ilustra bem essa sensação de questionamento da importância do conceito de *verdade* para a ciência:

“Até 1850, quase todo mundo acreditava que as ciências expressavam verdades que eram cópias exatas de uma coleção de leis definidas de realidades não humanas. Mas a multiplicação enormemente rápida de teorias nos últimos anos quase derrubou a noção de que alguma delas pudesse ser de um tipo literalmente mais objetivo do que outra. Existem tantas geometrias, tantas classificações, cada uma das quais sendo tão boa para uma série de coisas mas não para tudo, que a noção de que mesmo a fórmula mais verdadeira pode ser um artifício humano e não uma transcrição literal tornou-se evidente para nós”¹⁰.

Chalmers propõe como abordagem alternativa à atitude realista a adoção de uma atitude *instrumentalista*, postura que entende as teorias científicas não como descrições da realidade, mas como “ficções convenientes”, instrumentos projetados para relacionar um conjunto de fenômenos observáveis com outros. Na abordagem instrumentalista, as teorias não serão julgadas em termos de verdade ou falsidade, mas em termos de *utilidade* como instrumentos e o objetivo da ciência será simplesmente produzir esquemas teóricos para facilitar nossa compreensão e nossas operações com o mundo, estabelecendo relações entre os fenômenos e cujas entidades postuladas (no caso, inobserváveis) não devem nos colocar a questão de se têm existência real ou não, pois

⁸ Plastino (1995), p. 30; Chalmers (1993), p. 199.

⁹ Plastino (1995), p. 30.

¹⁰ James (1909), in Kirkham (2003), p. 152.

são simplesmente recursos teóricos úteis para a elaboração de uma teoria¹¹. Sem se preocupar tanto em fornecer uma teoria da verdade,

“está latente no *espírito* do instrumentalismo uma idéia bem diferente, e muito mais defensável e intrigante. Essa outra idéia não é uma teoria a respeito do que *é* a verdade; antes, é uma tese sobre valores. Especificamente, é a tese de que a propriedade de concordar com, ou corresponder a, uma realidade independente da mente não é, *intrinsecamente*, uma propriedade particularmente valiosa para nossas crenças. Ao contrário, o que estamos procurando e o que alcançamos, quando somos bem sucedidos em sermos racionais, são crenças que coletivamente maximizam nossa capacidade de explicar, prever e manipular globalmente e em longo prazo nosso mundo para favorecer nossos objetivos”¹².

A verdade (como correspondência ou coerência), pois, não deveria ser considerada o objetivo da investigação científica, dadas as dificuldades de sua formulação e acesso e, em certa medida, sua irrelevância para a resolução dos problemas práticos humanos. A motivação da pesquisa científica seria, então, segundo essa concepção, construir teorias adequadas aos fenômenos observados, que permitam extrair conseqüências novas e bem sucedidas sobre os eventos investigados¹³.

“O máximo que podemos e devemos esperar das teorias científicas é o acordo com nossas observações, sua precisão e simplicidade (sob vários aspectos), seu poder de predição e explicação, sua capacidade de unificar e sistematizar leis empíricas, a abrangência de seu domínio, sua eficácia na solução de problemas teóricos, sua aplicação prática, sua coerência com outras crenças bem estabelecidas”¹⁴.

O instrumentalismo propõe que as noções de verdade realistas (em especial, a correspondência) sejam substituídas por uma concepção *pragmatista*, em que a verdade seja analisada em termos de confiabilidade instrumental¹⁵.

Kirkham nota uma série de inconsistências nos escritos pragmatistas, não apenas entre os diversos autores, mas dentro de suas próprias obras. Assim sendo, ele rejeita o nome *pragmatismo* para designar os trabalhos de Charles S. Peirce e William James e

¹¹ Chalmers (1993), p. 188-190.

¹² Kirkham (2003), p. 149. Grifos no original.

¹³ Plastino (1995), p. 13.

¹⁴ Plastino (1995), p. 15.

¹⁵ Plastino (1995), p. 18-19.

emprega, respectivamente, os termos *pragmaticismo* e *instrumentalismo*¹⁶. Vejamos brevemente como a verdade será concebida por estes dois autores.

Para Peirce, *verdade* é, por definição, uma *conclusão consensual*: “A opinião que está fadada a ser aquela com a qual por último concordam todos os investigadores é o que queremos dizer por verdade”¹⁷. Em princípio, nota Kirkham, não importa para Peirce como essa conclusão consensual é atingida, sendo verdadeira não importa como tenha surgido: “se uma crença geral... pode em algum sentido ser produzida, embora o seja por meio de abusos e torturas, falar de erro em relação a tal crença é completamente absurdo”¹⁸. Embora, para o autor, o melhor método para se obter sucesso em alcançar esse consenso seja mesmo o método científico, haja vista que outros métodos tendem a alcançar um acordo apenas temporário, isso não significa que ele seria sob qualquer hipótese o método mais apropriado.

“Se algum outro método, digamos, uma hipnose em massa (ou “abusos e torturas”), fosse tão efetivo para produzir consenso, então ele seria em tudo um método tão bom para obtenção da verdade quanto é o método científico. (E de fato [...] aos olhos de Peirce, ele seria igualmente bom em revelar a realidade)”¹⁹.

Mas por que o método científico é o ideal para se atingir esse consenso? Peirce dirá que é porque esse método está baseado na experiência de uma realidade *objetiva*. Se essa realidade é uma só e produz em seres humanos plenamente capazes e com o mesmo número de experiências relevantes as mesmas impressões, segue-se daí que todos concordarão com respeito a essa realidade. Enfim, uma conclusão consensual não será verdadeira porque foi atingida através do método científico, mas sim é verdadeira porque existe um consenso com relação a ela²⁰.

Quanto a James, Kirkham alerta logo no início para a falta de clareza e consistência de seu pensamento. Dificilmente poderíamos encontrar alguma teoria da verdade não apoiada por James em algum momento, mas sua concepção mais famosa é a de verdade como *uma crença útil àqueles que nela acreditam*²¹.

¹⁶ Kirkham (2003), p. 119. Neste trabalho, porém, e por assim ser tratado em Horkheimer (2002), não faremos tais distinções, adotando o nome de *pragmatismo* para as filosofias de Peirce, James e Dewey.

¹⁷ Peirce, C. S. (1931-1958), vol. 5, seção 407, citado por Kirkham (2003), p. 120.

¹⁸ Peirce, C. S. (1931-1958), vol. 8, seção 16, citado por Kirkham (2003), p. 121.

¹⁹ Kirkham (2003), p. 121.

²⁰ Kirkham (2003), p. 121-123.

²¹ Kirkham (2003), p. 129-130, 135.

“ ‘Concordar’ com a realidade em sentido mais amplo *pode... significar... que nos colocamos num contato tão eficaz com ela que podemos manejá-la ou manejar algo a ela conectado melhor do que se estivéssemos em desacordo...* Qualquer idéia que nos ajude a lidar, seja prática ou intelectualmente, tanto com a realidade quanto com seus objetos, que não enrede nosso progresso em frustrações, e que *ajuste* de fato e adapte nossa vida ao conjunto todo da realidade [é verdadeira]”²².

“Os senhores Schiller e Dewey apareceram com sua concepção pragmaticista do que a verdade em todo lugar significa... Ela significa... *que as idéias... se tornam verdadeiras à medida que elas nos ajudam a alcançar relações satisfatórias com outras partes de nossa experiência, a resumi-las e a nos locomovermos entre elas por meio de atalhos conceituais...* Uma idéia que nos leve, com prosperidade, de uma parte de nossa experiência até alguma outra parte, ligando coisas de maneira satisfatória, funcionando de forma segura, simplificando, economizando esforço, é... verdadeira *instrumentalmente*”²³.

De acordo com a interpretação de Kirkham, o sentido de *utilidade* em James pode equivaler a manejar os objetos do mundo, permitir uma comunicação bem-sucedida com nossos iguais, possibilitar predições acuradas ou explicar outras ocorrências²⁴.

Observamos, pois, que os filósofos pragmatistas estão menos preocupados em definir a verdade *por si* e mais preocupados em estabelecer como esse conceito pode *atuar no mundo*. Podemos, assim, considerar o pragmatismo como uma doutrina sobre o que seria importante em ciência, ao invés de uma doutrina sobre como analisar o conceito de verdade. A pergunta a se fazer diante de uma teoria científica não é se ela *corresponde à realidade*, mas sim se *funciona*.

4.2 Implicações

De fato, adotando-se uma visão pragmatista da ciência, ficamos livres dos inconvenientes da concepção de verdade como correspondência e suas derivações;

²² James (1907), in Kirkham (2003), p. 136. Grifos no original.

²³ James (1907), in Kirkham (2003), p. 136. Grifos no original.

²⁴ Kirkham (2003), p. 137-138.

sentimo-nos mais à vontade para avançar em descobertas, sem nos prendermos à camisa de força do conhecimento estabelecido – uma teoria que funcionou em determinada época pode não funcionar mais –; procuramos não mais guiar nossa pesquisa em direção à verdade absoluta, à teoria final, que sequer sabemos como seria, mas de acordo com as necessidades do momento; e conseguimos formular teorias sobre o progresso científico e a mudança teórica mais condizentes com a realidade do que adotando uma visão realista. No entanto, a visão pragmatista tem também seus inconvenientes, menos no campo da ciência e mais no campo da cultura como um todo. Ao perceber esses inconvenientes, os frankfurtianos não permitiram aos escritos pragmatistas passar impunemente. A análise mais direta desta escola está em Horkheimer, que descrevemos agora.

Horkheimer concebe a atitude pragmatista em ciência como originária não dali, mas da cultura, prenhe de demandas pela funcionalidade: esse costume é então apropriado pela ciência e, assim transformado, é empregado novamente pela cultura, legitimando essa atitude, num movimento sempre cíclico²⁵. Horkheimer vê o pragmatismo como a genuína expressão do positivismo e, não fosse pelo fato de Peirce afirmar ter aprendido filosofia de Kant – no que ele não acredita – sentir-se-ia tentado a “negar qualquer *pedigree* filosófico” a essa doutrina que sustenta não que nossas ações são bem sucedidas e nossas expectativas são realizadas porque nossas idéias são verdadeiras, mas o oposto, que nossas idéias são verdadeiras porque nossas ações têm sucesso e nossas expectativas se realizam²⁶. A crítica de Horkheimer reside principalmente no fato de a doutrina pragmatista excluir a verdade da esfera de objetivos do empreendimento científico e, por extensão, da filosofia, ou, quando muito, almejá-la não por si mesma, mas porque funciona mais²⁷. Ansiosas por resultados práticos e céticas com relação à existência de uma verdade qualquer, as pessoas recebem a doutrina pragmatista de braços abertos: “Probabilidade, ou melhor, o cálculo substitui a verdade, e o processo histórico que na sociedade tende a tornar a verdade uma expressão vazia recebe as bênçãos do pragmatismo, que transforma isso numa expressão vazia dentro da filosofia”²⁸.

²⁵ A doutrina dos primeiros pragmatistas reflete bem o espírito de praticidade da cultura comercial de sua época, a primeira década do século XX. Ao contrário, as bases do pensamento frankfurtiano foram forjadas durante a ascensão do nazi-fascismo, o desdobramento mais nefasto do louvor da perícia técnica.

²⁶ Horkheimer (2002), p. 49-50, 52.

²⁷ Horkheimer (2002), p. 52.

²⁸ Horkheimer (2002), p. 51.

Face aos imperativos de eficiência e funcionalidade, Horkheimer afirma que o pragmatismo é, para a ciência, o correlato do industrialismo moderno: assim como a fábrica padroniza seus produtos segundo um modelo e sua lógica transborda para o mundo da cultura, o culto pragmatista às ciências naturais toma a física experimental como protótipo de todas as ciências e modela todas as esferas da vida intelectual. Peirce declara que o procedimento do pragmatista não é outro senão o método experimental pelo qual “todas as ciências bem sucedidas” atingiram seus graus de certeza de hoje. Seu orgulho é, pois, “pensar sobre tudo exatamente como tudo é pensado no laboratório, isto é, como uma questão de experimentação”²⁹.

Cada nova idéia concebida deve primeiro provar que se presta a um objetivo prático: “A fim de provar seu direito a ser concebido, todo pensamento deve ter um álibi, deve apresentar um registro da sua utilidade. Mesmo que o seu uso direto seja ‘teórico’, deve ser finalmente verificado pela aplicação prática da doutrina em que funciona”³⁰. O pensamento deve ser aferido por algo que não é pensamento, como seu efeito na produção de um objeto ou seu impacto sobre a conduta social, tal como a qualidade da arte é hoje avaliada por algo que não é arte, por exemplo a bilheteria ou o investimento em propaganda. Os critérios factuais tornaram-se supremos na justificação do pensamento, ponto que, de acordo com Horkheimer, como se não bastasse, não se restringirá às ciências naturais, mas aflorará em muitas discussões éticas ou religiosas nos escritos pragmatistas³¹. Como exemplo, o autor cita um trecho de James, referente a uma seita de seu tempo, chamada por este autor de “movimento de cura espiritual”:

“A ciência nos deu a todos o telégrafo, a luz elétrica e a diagnose clínica, e alcançou êxito na prevenção e cura de certo número de doenças. A religião, na forma de cura do espírito, dá a alguns de nós a serenidade, o equilíbrio moral e a felicidade, e impede certas formas de doença tanto quanto a ciência, ou até de modo mais eficaz em certa classe de pessoas. Evidentemente, então, *tanto a ciência quanto a religião são chaves legítimas para abrir os tesouros do mundo àquele que puder usar qualquer uma delas na prática*”³².

²⁹ Peirce (1934), p. 272, citado por Horkheimer (2002), p. 54.

³⁰ Horkheimer (2002), p. 57.

³¹ Horkheimer (2002), p. 57-58.

³² James, *The varieties of religious experience* (1902), p. 120, citado por Horkheimer (2002), p. 58-59. Grifo nosso.

Diante da possibilidade de a verdade poder não trazer alguma satisfação pessoal, ou até mesmo provocar o seu oposto, tornando-se em certo momento histórico uma idéia chocante para toda a humanidade e correndo o risco de ser repudiada por qualquer um, os pais do pragmatismo transformaram a *satisfação pessoal* em critério de verdade. Não há, para a doutrina pragmatista, possibilidade de rejeitar ou criticar quaisquer espécies de crenças, desde que deleitem seus adeptos³³, o que fica bem claro na citação acima: se tanto a ciência quanto a religião (qualquer uma) surtem efeitos positivos sobre a saúde das pessoas, serão consideradas formas igualmente legítimas de se tratar uma doença – o importante é que funcionem... *Se a verdade* – o que a realidade efetivamente é – *puder em algum momento não funcionar, não se prestar ao objetivo almejado, será prontamente rejeitada em favor de alguma idéia ou procedimento que o faça*. E, como os preceitos éticos não possuem exatamente bases materiais para julgamento (pelo menos para a maioria), serão, sim, julgados de acordo com sua possibilidade de aceitação ou rejeição, sua aplicabilidade ao mundo tal como ele se apresenta, sua *funcionalidade*. A filosofia deverá ser um agente de *justificação do existente*, e não de sua *transformação*. “As pessoas pensam que as exigências do existir devem ser reforçadas pela filosofia como se esta fosse a serva do existir”³⁴. Devemos nos apegar aos *fatos* e ao *senso comum*, em vez de nos apegarmos a idéias utópicas³⁵. O existente está aí, não há como fugir, curvemo-nos diante dele.

Mas, perguntará o leitor, o que tudo isso tem a ver com climatologia? A seção seguinte tentará responder.

³³ Horkheimer (2002), p. 59.

³⁴ Horkheimer (2002), p. 96.

³⁵ Horkheimer (2002), p. 96.

4.3 O apelo às mudanças climáticas pela preservação ambiental

José Lutzenberger, ex-agrônomo de uma grande empresa de agrotóxicos que rompeu com a perspectiva agroquímica e assumiu profundamente a causa ecológica e social, tornou-se um dos principais expoentes do movimento ecológico brasileiro³⁶, abraçando uma filosofia muito próxima da *ecologia profunda* de Arne Naess. Sua obra mais importante, intitulada *Fim do futuro?*, publicada na década de 1970, é um imponente brado contra todas as formas de degradação do ambiente natural e dos seres humanos. Todo o livro é ocasião de demonstrar a profunda interligação entre todos os entes de nosso planeta – lembremos que Lutzenberger é adepto da teoria Gaia –, de tal maneira que a destruição de qualquer parte do sistema culminará inevitavelmente com a destruição de nós mesmos. Para Lutzenberger, a solução dos graves problemas ambientais da atualidade demandará uma mudança de paradigmas econômicos e científicos, a adoção de uma visão de mundo ecológica mas, acima de tudo, a adoção de uma nova atitude ética em relação à natureza:

“o descontrole decorrente de nossas atitudes atuais só terá solução na mudança de atitudes, no reexame de nossos valores, na redefinição de progresso e desenvolvimento. Longe de abandono puro e simples de ciência e tecnologia, necessitamos de ciência com ética. Daí surgirão novas formas de tecnologia, de tecnologia menos agressiva, mais sustentável”³⁷.

Mais adiante, o autor reafirma a idéia:

“Fundamentalmente, necessitamos *inverter a dessacralização da Natureza*. (...). A natureza como um todo e cada um dos seres que ela contém, são para nós

³⁶ Gonçalves (1996), p. 16.

³⁷ Lutzenberger (1977), p. 59-60.

simples objetos, recursos, matéria-prima, palco para nossas obras, mas ela não participa de nossa moral, nenhum remorso sentimos quando destruímos a mais magnífica e irrecuperável de suas obras!

O esquema educacional, em todas as suas facetas, terá que se esforçar por conseguir uma revolução filosófica que consistirá na entronização do princípio ético fundamental enunciado por Albert Schweitzer: O PRINCÍPIO DA REVERÊNCIA PELA VIDA, em todas as suas formas e em todas as suas manifestações! Daí decorrerá todo um sistema de valores diametralmente oposto ao atual. A nova ética será inclusiva, ela abarácará o Caudal da Vida em sua plenitude. A filosofia será de *visão unitária do Universo*”³⁸.

Em uma entrevista dada pouco tempo depois do assassinato de Chico Mendes, porém, Lutzenberger cometeria um grave deslize em relação à sua postura ética tão admirável (lembramos do que nos disseram Adorno e Horkheimer sobre a possibilidade de até o mais honesto dos reformadores adotar a má filosofia da ordem existente). O autor destacou o risco de extinção de dezenas ou centenas de espécies que pode acarretar a derrubada da floresta amazônica. Talvez muitas dessas espécies – insetos, pequenos invertebrados, plantas diversas, pássaros – nós sequer conhecemos e elas desaparecem antes mesmo que tenhamos essa oportunidade. O ecossistema fica empobrecido. Diz Lutzenberger: “Então as pessoas que têm um mínimo de sentimento, um mínimo de sensibilidade, se preocupam com isso. Para estas pessoas, tais motivos são suficientes para que se preservem as florestas”³⁹.

Mas o autor reconhece haver pouco espaço para ética e sensibilidade no mundo moderno. E continua:

“Então tenho abandonado esta argumentação em favor de outra. Quem entende a importância deste processo biológico já está do nosso lado, e de nada adianta ficar pregando para convertidos. Precisamos de decisões, decisões imediatas, e estas só podem vir dos governantes, dos tecnocratas. Entre estes, infelizmente, idealistas são exceção, e o conhecimento científico, raro. Por isto precisamos de outro argumento que sacuda com as suas convicções. Este é o argumento climático”⁴⁰.

Lutzenberger então compara as florestas tropicais úmidas a colossais aparelhos de ar condicionado, por sua propriedade de regular a temperatura da Terra por meio do

³⁸ Lutzenberger (1977), p. 80-81. Grifos no original.

³⁹ Lutzenberger (1989), in Lutzenberger (2001), p. 70-71.

⁴⁰ Lutzenberger (1989), in Lutzenberger (2001), p. 71.

processo de evapotranspiração, que absorve e transporta enormes quantidades de energia através da água para outras regiões do planeta. Para embasar sua comparação, o autor cita um estudo do professor Salati, realizado quando este estava no INPA (Instituto nacional de pesquisas da Amazônia), sobre o ciclo da água das chuvas na floresta amazônica. Ao colher amostras e comparar os isótopos de oxigênio e hidrogênio, Salati pôde determinar de onde vinham essas chuvas, se do oceano ou de algum processo de reciclagem dentro da floresta. A conclusão do estudo foi de que, das chuvas que caem na Amazônia, cerca de 75% são devolvidas à atmosfera em menos de 48 horas e formam novas chuvas. Dessa porção, 25% sequer chega ao solo, sendo evaporado direto das copas das árvores para a atmosfera. Dos 75% restantes, apenas 25% retornam para o oceano através dos rios, enquanto os 50% restantes são bombeados pelas plantas do subsolo até a copa e são então devolvidos à atmosfera por meio da transpiração. Salati demonstrou também que a chuva trazida pelos ventos alísios para o leste da Amazônia, até chegar à encosta dos Andes, já cumpriu essa trajetória de subida e descida dentro da floresta seis ou sete vezes. Isso representa uma gigantesca transmissão de energia da Amazônia para latitudes mais altas, algo equivalente a dezenas de milhares de bombas atômicas todos os dias⁴¹. Através dessas constatações, e adotando uma visão global do planeta, “ficou bem clara a importância da Amazônia, e de todas as florestas equatoriais úmidas que ainda restam para a regulação do clima mundial”⁴². Em outro artigo do livro, o autor nota que, coincidentemente ou não, paralelamente à destruição das florestas, o clima vem andando meio caótico no mundo inteiro. “Será mau augúrio?”, ele pergunta⁴³.

Já no final da década de 1990, Lutzenberger atentaria, além do desmatamento, para os perigos decorrentes do lançamento indiscriminado de gases estufa na atmosfera como um importante fator de mudanças climáticas globais:

“conscientemente, estamos bagunçando todos os mecanismos de controle climático – com dióxido de carbono demais, metano, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, freons, hidrocarbonetos, desmatamento e desertificação. Por quanto tempo poderemos abusar do sistema? Quanto tempo demorará Gaia para ficar com febre? Será mesmo necessário que conheçamos todos os detalhes para começarmos a agir?”⁴⁴.

⁴¹ Lutzenberger (1989), in Lutzenberger (2001), p. 72-74.

⁴² Lutzenberger (1989), in Lutzenberger (2001), p. 74.

⁴³ Lutzenberger (1986, 1994), in Lutzenberger (2001), p. 104.

⁴⁴ Lutzenberger (1999), p. 59.

O efeito estufa provocado pela civilização industrial, acredita Lutzenberger, já está dando seus primeiros sinais, com as irregularidades climáticas mundo afora. Sendo assim, com ou sem sensibilidade, deveríamos preservar as florestas e reduzir as emissões de gases estufa para frear o aquecimento global. Ou cuidamos bem da natureza, ou sentiremos literalmente na pele as conseqüências. Se um argumento moral não basta, usemos um argumento prático, o da punição de nossas atitudes degradantes. A Mãe Natureza, tão cansada de ser agredida, agora pede revanche, e seremos nós, quem dela se utiliza, os grandes afetados por sua fúria. É melhor reverter esse quadro bem rápido.

Como se vê, diante do reconhecimento da ineficácia do discurso ético pela preservação ambiental, Lutzenberger adotou o discurso do aquecimento global, mais eficiente. Talvez sem perceber, incorporou à sua filosofia a mesma atitude pragmatista da ciência contemporânea e da sociedade industrial que desejava combater, cooptando com ambos, acatando sua rejeição às reflexões em torno do valor da vida, fazendo o “jogo do inimigo”. Através dessa atitude, sua filosofia inevitavelmente perderá força, por deslocar o foco da questão. A razão aclamada pela preservação ambiental deve, sim, ser ética, e não um utilitarismo qualquer ou a ameaça de uma (improvável) revanche da natureza. Infelizmente, porém, a maioria de cientistas e do público envolvido com a causa ambiental tem enfatizado a ameaça das mudanças climáticas globais como a prova cabal da necessidade de preservação, esquecendo-se (propositalmente?) do motivo maior, o direito a vida de todas as criaturas.

Mas serão as mudanças climáticas globais uma ameaça real? Têm embasamento tão sólido quanto comumente se acredita? Devemos realmente nos reportar a elas para justificar a necessidade de preservação? Nos próximos capítulos, discutiremos essa questão tão em voga na atualidade, para depois retornarmos aos problemas decorrentes do apelo às mudanças climáticas pela preservação ambiental.

5. O sistema climático

“Se o Senhor Todo-Poderoso tivesse me consultado antes de embarcar na Criação, eu teria recomendado algo mais simples”

(Afonso X de Leão e Castela, século XIII)

5.1 Introdução

Figura 1 – Esquema dos componentes do sistema climático global (em negrito), seus processos e interações (setas finas) e alguns aspectos que podem mudar (setas escuras) (IPCC, 2001, p. 88).

Podemos definir o sistema climático como um sistema onde interagem cinco grandes componentes: a atmosfera, a hidrosfera, a criosfera, a superfície terrestre e a biosfera. Vejamos cada um deles¹:

- A *atmosfera* é o componente mais instável do sistema. Sua composição variou bastante ao longo da história do planeta, sendo atualmente composta basicamente de uma mistura de nitrogênio (78,1%), oxigênio (20,9%) e argônio (0,93%). Estes gases sofrem uma fraca interação com a radiação emitida pela Terra. A fração restante comporta diversos gases-traços, como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e ozônio (O₃), que absorvem e emitem radiação infravermelha. Além desses gases, a atmosfera pode conter vapor d'água, que também absorve na região do infravermelho, e cuja proporção pode variar entre 0 e 4% do volume do ar.
- A *hidrosfera* compreende todas as porções de água líquida do planeta: oceanos, rios, lagos e aquíferos. Os oceanos, que cobrem 70% da superfície do planeta, guardam e transportam grandes quantidades de energia, além de estocar grandes quantidades de dióxido de carbono dissolvido. Sua lenta circulação e sua grande inércia térmica fazem com que eles amortecem mudanças bruscas de temperatura e atuem como reguladores do clima e como fonte de variabilidades climáticas naturais, principalmente em escalas temporais mais longas. Munk dirá também que os oceanos são “um reservatório de ignorância”², em alusão ao nosso ainda insuficiente conhecimento sobre seus processos biológicos, de circulação e de estocagem de materiais.
- A *criosfera* corresponde às massas de gelo sobre os continentes e oceanos. Sua importância para o sistema climático reside no seu albedo elevado, sua baixa condutividade térmica, sua grande inércia térmica e seu papel na formação de águas profundas oceânicas.
- A *superfície terrestre* controla a maneira como a radiação solar incidente retorna para a atmosfera, por conta de sua rugosidade – que influencia a direção dos ventos – e tipo de cobertura, cada uma com seu albedo característico.
- A *biosfera*, tanto terrestre quanto marinha, tem uma importante influência sobre o ciclo do carbono, envolvendo a fotossíntese e a respiração, além de estar

¹ IPCC (2001), p. 87-89.

² Munk (1993), citado por Pocklington, in Jones (1997), p. 38.

envolvida no ciclo de outros gases, como o metano e o óxido nitroso, e na produção de certos aerossóis.

A maior fonte de energia para o sistema climático é o sol. Nosso planeta recebe uma média anual de 342 W/m^2 de radiação, dos quais 31% são imediatamente refletidos de volta para o espaço pela ação das nuvens, da atmosfera e da superfície terrestre. Os 235 W/m^2 restantes são absorvidos pela atmosfera, continentes e oceanos. Estes dois últimos retornam essa energia para a atmosfera sob as formas de radiação infravermelha, calor sensível e calor liberado pela condensação do vapor d'água. Assumindo-se que o sistema esteja em equilíbrio (ou seja, não está se aquecendo nem se resfriando), deve haver um balanço entre a radiação incidente e a refletida, o que significa que a Terra deve irradiar 235 W/m^2 de volta para o espaço. Para tanto, ela deveria ter uma temperatura de emissão de -19°C , bem distantes da média de 14°C que se verifica. A explicação para essa efetiva temperatura do planeta, de acordo com o IPCC, está relacionada às propriedades radiativas da atmosfera: alguns de seus gases são opacos à radiação infravermelha emitida pelo planeta, redirecionando-a para a superfície. A este fenômeno damos o nome de *efeito estufa*³.

Figura 2 – Esquema do balanço de energia médio anual do planeta (IPCC, 2001, p. 90).

³ IPCC (2001), p. 89.

O comportamento da atmosfera é caótico, o que significa que sua evolução é muito sensível a pequenas perturbações nas condições iniciais. Essa sensibilidade limita nossa capacidade de prever detalhadamente a evolução dos estados de tempo; alguns erros são inevitáveis e as incertezas nas condições iniciais de uma previsão ampliam-se com o passar do tempo. Às incertezas inerentes ao funcionamento do sistema meteorológico somam-se os erros e incertezas decorrentes da limitação de nossa capacidade de representar acuradamente os processos climáticos significativos. Desse modo, na prática, a previsão meteorológica detalhada fica limitada a um máximo de duas semanas. Contudo, pelo fato de os componentes do sistema climático variarem mais lentamente, a previsão climática não está limitada a essa escala de duas semanas; como exemplo, podemos citar a ocorrência de eventos El Niño, que pode ser prevista com pelo menos seis meses de antecedência⁴.

5.2 Os fatores das mudanças climáticas

5.2.1 Causas terrestres

5.2.1.1 Alterações na concentração de gases estufa

Dióxido de carbono (CO₂)

O dióxido de carbono costuma ser o gás mais responsabilizado pelo efeito estufa. É um componente natural da atmosfera e muito reativo, constituindo-se como o principal produto da queima ou decomposição da matéria orgânica, quando o carbono é combinado com o oxigênio. As medições diretas da concentração de dióxido de carbono

⁴ IPCC (2001), p. 422.

na atmosfera só começaram em 1957, mas podemos conhecer os valores de épocas passadas através da investigação de bolhas de ar aprisionadas no gelo antártico, conforme veremos mais adiante.

O carbono do planeta está distribuído em diversos reservatórios, sendo o maior deles as águas oceânicas, que armazenam cerca de 38000 Pg de carbono, 91% dos quais sob a forma de íons bicarbonato (HCO_3^-), 8% sob a forma de íons carbonato (CO_3^{2-}) e 1% sob a forma de dióxido de carbono (CO_2) dissolvido. O segundo maior reservatório é o solo, com 1500 Pg, seguido pela atmosfera, com 730 Pg, e pela vegetação, com 500 Pg⁵.

Principais componentes do ciclo natural do carbono

Figura 3 – Principais componentes do ciclo natural do carbono, com estoques e fluxos estimados (em petagramas) para a década de 1980 (IPCC, 2001, p. 188).

Em ecossistemas terrestres, cerca de 120 PgC/ano são convertidos de dióxido de carbono para carboidratos através do processo da fotossíntese, metade dos quais são reconvertidos a dióxido de carbono atmosférico por meio da respiração das plantas, enquanto a outra metade comporá sua constituição física. Quando as plantas morrem e são decompostas, parte desse carbono retornará à atmosfera e parte permanecerá no solo

⁵ IPCC (2001), p. 188; 197. Um petagrama equivale a 10^{15} gramas.

com um tempo de residência da ordem de dezenas a centenas de anos, variando de acordo com o tipo de solo e de vegetação⁶.

Em relação aos processos físicos oceânicos envolvidos no ciclo do carbono, o fator temperatura é primordial. Sabe-se que a solubilidade do dióxido de carbono é inversamente proporcional à temperatura das águas oceânicas; dessa forma, as regiões de águas frias tendem a atuar como sorvedouros de carbono, enquanto as águas quentes representam fontes desse gás para a atmosfera⁷. Também os processos de circulação são de fundamental importância. As águas que entraram em contato recente com a atmosfera normalmente possuem concentrações de dióxido de carbono próximas às do ar, mas as águas “velhas”, que passaram muitos anos no interior do oceano desde seu último contato com a atmosfera, terão a concentração da época em que estiveram expostas, eventualmente diferente. Quando essas águas forem reexpostas à superfície oceânica, poderão absorver maiores quantidades de dióxido de carbono, caso as concentrações atmosféricas desse gás tenham se elevado. Sua liberação para a atmosfera dependerá, entre outros fatores, da pressão parcial desse gás que, quando está mais elevada, pode reduzir essa emissão, implicando que mais carbono tende a permanecer no oceano, a ser transportado pelos processos de circulação e, eventualmente, estocado no fundo oceânico⁸.

A maior parte do dióxido de carbono dissolvido no oceano, através da reação com o carbonato, será convertida em bicarbonato. Essa reação, ao consumir carbonato, reduz sua disponibilidade para futuras reações com o dióxido de carbono e, como consequência, restringe sua absorção pelo oceano. Em suma, a capacidade oceânica de absorver dióxido de carbono decresce quando ele atinge níveis mais elevados. Estima-se que, para um aumento de 370 para 470 partes por milhão (ppm) na concentração de dióxido de carbono atmosférico – isto é, um aumento de 100 ppm –, o aumento da concentração de carbono inorgânico dissolvido seria 40% menor do que aquela causada por um aumento de 280 para 380 ppm⁹.

Em se tratando de processos biológicos oceânicos, a produção primária bruta – quantidade de carbono orgânico produzido pela fotossíntese – do fitoplâncton é estimada em 103 PgC/ano, parte dele retornando à forma de carbono inorgânico dissolvido e o restante – 45 Pg – permanecendo como carbono orgânico, a ser

⁶ IPCC (2001), p. 191.

⁷ IPCC (2001), p. 197.

⁸ IPCC (2001), p. 199.

⁹ IPCC (2001), p. 197.

consumido pelo zooplâncton ou tornar-se detritos de matéria orgânica morta depositada no fundo oceânico¹⁰.

As atividades industriais e agrícolas humanas, entretanto, adicionaram uma perturbação ao ciclo natural do carbono, representado na figura 3. Grandes quantidades de carbono fossilizado há milhões de anos – carvão, óleo e gás – foram retiradas de seus reservatórios para serem utilizados como combustíveis, e grandes áreas florestadas do globo deram lugar a terrenos agrícolas e pastagens, resultando num aumento das concentrações atmosféricas médias de dióxido de carbono, conforme pode ser visualizado na figura 4.

A perturbação humana

Figura 4 – Alteração dos fluxos de carbono pelas atividades humanas (em petagramas) para a década de 1980. Notem-se as diferenças entre os valores aqui apresentados e os dos fluxos naturais (IPCC, 2001, p. 188).

O aumento observado da concentração atmosférica de dióxido de carbono, de acordo com o IPCC, não tem precedentes nos últimos mil anos; ela manteve-se aproximadamente constante até o ano 1800, quando começou a subir aceleradamente:

¹⁰ IPCC (2001), p. 197-198.

Figura 5 – Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono dos últimos 1000 anos, obtidas através de geleiras e neve parcialmente compactada em diversos locais na Antártida e na Groenlândia (mostrados por diferentes símbolos), suplementadas por medições diretas das últimas décadas. Na escala da direita, o forçamento radiativo provocado pelas variações (IPCC, 2001, p. 6).

Figura 6 – Concentrações atmosféricas médias mensais de dióxido de carbono em Mauna Loa, Havaí, obtidas através de medições diretas (também chamado *curva de Keeling*). O dióxido de carbono apresenta uma variação sazonal em sua concentração durante o ano, devido ao lançamento e retirada pelas plantas pelos processos de respiração e fotossíntese: entre o outono e o inverno, as concentrações no ar aumentam, devido à morte ou crescimento reduzido das plantas, ao passo que entre a primavera e o verão, épocas de nascimento e crescimento, as concentrações de dióxido de carbono diminuem (Whyte, 1995, p. 72).

A concentração de dióxido de carbono na atmosfera aumentou de cerca de 280 ppm em 1800 para 367 ppm em 1999, acompanhando as mudanças ocorridas na agricultura e na indústria durante esse período¹¹. As emissões antropogênicas de dióxido de carbono atingiram, na década de 1990, uma média de $6,3 \pm 0,4$ PgC/ano¹², fazendo aumentar suas quantidades, durante esse período, em $3,2 \pm 0,1$ PgC/ano¹³. Como pode ser notado, as concentrações atmosféricas vêm crescendo apenas à metade da taxa das emissões antropogênicas; o restante, acredita-se, é retirado pelos ecossistemas terrestres ou é dissolvido nas águas oceânicas¹⁴. Em tese, o oceano tem capacidade de absorver entre 70 e 80% das atuais emissões antropogênicas de dióxido de carbono, mas tal processo levaria vários séculos. Também uma pequena parte desse carbono adicional, entre 9 e 15%, pode ser neutralizado no fundo oceânico através da reação com o carbonato de cálcio (CaCO_3), mas o tempo necessário para este processo se concretizar é da ordem de 5000 anos¹⁵.

As quantidades estimadas de dióxido de carbono emitido por mudanças no uso da terra geralmente contêm mais incertezas que a da queima de combustíveis fósseis, pois as séries de dados de cobertura vegetal são muito variáveis, bem como as quantidades de carbono estocadas em cada tipo de vegetação. Estima-se que essa modalidade de emissão responda por 10 a 30% do dióxido de carbono adicionado à atmosfera, sendo quase 90% dessa fração o resultado de desmatamento de florestas tropicais, não apenas devido à perda de biomassa, mas principalmente pela aceleração da decomposição da matéria orgânica do solo¹⁶. O IPCC ainda não dispõe de dados conclusivos para toda a década de 1990, mas acredita que a diminuição do ritmo do desflorestamento nesse período poderá gerar valores mais baixos em relação a décadas anteriores. A estimativa para o período de 1990 a 1995 é de 1,6 PgC/ano, sendo 1,7 na região tropical e um pequeno sorvedouro nas florestas temperadas e boreais¹⁷.

Metano (CH_4)

O metano é um gás estufa de importância menor em relação ao dióxido de carbono, sendo produzido por bactérias que decompõem a matéria orgânica em

¹¹ IPCC (2001), p. 187.

¹² IPCC (2001), p. 204.

¹³ IPCC (2001), p. 207.

¹⁴ IPCC (2001), p. 187.

¹⁵ IPCC (2001), p. 199.

¹⁶ IPCC (2001), p. 193-194; 204.

¹⁷ IPCC (2001), p. 204.

ambientes com baixa disponibilidade de oxigênio. Assim como o dióxido de carbono, este gás registrou um aumento durante a era industrial (figura 7). Entre 1992 e 1998, suas concentrações na atmosfera aumentaram em 4,9 partes por bilhão (ppb) por ano, resultando numa concentração de 1745 ppb em 1998. Seus níveis de emissões podem variar muito, mesmo em pequenas escalas temporais e espaciais. Perfazem um total de 600 Tg de carbono por ano, dos quais os lançamentos naturais atualmente respondem por cerca de 40%, representados principalmente pelos pântanos e, em grau um pouco menor, térmitas e os oceanos. Já as fontes antropogênicas, responsáveis pelos 60% restantes, constituem-se da rizicultura, sistema digestivo de ruminantes, produção de energia e queima de biomassa. Dessa forma, aumentos nas concentrações atmosféricas de metano estão mais relacionados ao crescimento populacional do que ao desenvolvimento econômico. É um gás relativamente instável, com um tempo de residência na atmosfera de aproximadamente 8,4 anos, e sua retirada se dá principalmente através da reação com radicais hidroxila ($\text{OH}^\cdot$)¹⁸.

Figura 7 – Concentrações atmosféricas de metano dos últimos 1000 anos, obtidas através de geleiras e neve parcialmente compactada em diversos locais na Antártida e na Groenlândia (mostrados por diferentes símbolos), suplementadas por medições diretas das últimas décadas. Na escala da direita, o forçamento radiativo provocado pelas variações (IPCC, 2001, p. 6).

Óxido nitroso (N_2O)

Acreditava-se, até há duas décadas, que a principal fonte de óxido nitroso para a atmosfera era a queima de combustíveis fósseis e biomassa. Hoje se atribui cerca de

¹⁸ IPCC (2001), p. 248-250. Um teragrama equivale a 10^{12} gramas.

metade de sua produção antropogênica às atividades agrícolas, por conta do emprego de fertilizantes e pela fixação de nitrogênio pelas plantas. Mais recentemente foram incluídas entre as fontes antropogênicas a produção industrial de nylon e de ácido nítrico. Já as principais fontes naturais constituem-se dos oceanos e do solo de florestas úmidas. Estima-se que suas concentrações no período pré-industrial fossem de 270 ppb, atingindo 314 ppb em 1998, com uma taxa de elevação, para o período compreendido entre 1980 e 1998, de $0,8 \pm 0,2$ ppb/ano. É um gás razoavelmente estável, com um tempo de residência de aproximadamente 120 anos, e seu principal meio de destruição é a fotodissociação¹⁹.

Figura 8 – Concentrações atmosféricas de óxido nitroso dos últimos 1000 anos, obtidas através de geleiras e neve parcialmente compactada em diversos locais na Antártida e na Groenlândia (mostrados por diferentes símbolos), suplementadas por medições diretas das últimas décadas. Na escala da direita, o forçamento radiativo provocado pelas variações (IPCC, 2001, p. 6).

Clorofluorcarbonos (CFCs)

Os clorofluorcarbonos são gases totalmente artificiais, sendo seus maiores representantes o CFC-11 (CFCl_3), CFC-12 (CF_2Cl_2) e CFC-113 ($\text{CF}_2\text{ClCFCl}_2$). Suas principais fontes são propelentes de sprays, embalagens de isopor, solventes e aparelhos de refrigeração. Os clorofluorcarbonos ficaram famosos por conta da hipótese de que seriam os causadores da depleção do ozônio estratosférico, ou buraco na camada de ozônio, por meio de reações com esse gás. Apesar de controversa, a hipótese ganhou força e, em 1987, foi firmado o Protocolo de Montreal, que previa a redução e

¹⁹ IPCC (2001), p. 251-253.

posteriormente a interrupção da produção mundial de clorofluorcarbonos, acompanhada de sua substituição por outros gases não nocivos à camada de ozônio, alguns contendo cloro (HCFCs) e outros não (HFCs). Porém, além da hipótese do ozônio, os clorofluorcarbonos ainda estão relacionados ao efeito estufa, sendo milhares de vezes mais potentes do que o dióxido de carbono e, por conta de seu elevado tempo de residência na atmosfera, seus efeitos perdurarem por muito além da interrupção da produção. Seus substitutos também são gases estufa, mas seu tempo de residência é de menos de 20 anos²⁰.

Ozônio (O₃)

È na estratosfera que se concentra 90% do ozônio atmosférico, onde ele apresenta a propriedade de absorver a radiação solar ultravioleta. O restante está na troposfera, onde ele atua como um gás estufa, absorvendo a radiação infravermelha. É produzido por reações fotoquímicas muito favorecidas em ambientes urbanos poluídos, plumas de biomassa queimada, tráfego aéreo e fluxos convectivos, e seus sorvedouros envolvem a fotodissociação e a destruição catalítica por reação com outros gases. É um gás muito reativo, instável e de grande variabilidade espaço-temporal, o que torna quase impossível quantificar suas concentrações presentes e passadas, bem como identificar tendências de alteração²¹.

5.2.1.2 Aerossóis

Os aerossóis são quaisquer partículas líquidas ou sólidas suspensas no ar. Sua importância para o clima reside no fato de eles atuarem como núcleos de condensação – quando abundantes, permitem que a água forme gotas menores e em maior número, aumentando a nebulosidade – e seus efeitos sobre a radiação, que dependem de seus tamanhos. Os aerossóis menores de 0,1 µm, embora sejam maioria, são tão pequenos e leves que produzem pouco efeito sobre o clima. Já aqueles com raio entre 0,1 e 1 µm perfazem a maior contribuição para seus efeitos na atmosfera, pois refletem a radiação solar, mas deixam passar a infravermelha, resultando numa redução da radiação líquida

²⁰ Whyte (1995), p. 82-83.

²¹ IPCC (2001), p. 260-263.

terrestre. Conforme o diâmetro das partículas aumenta, esse efeito de resfriamento diminui, resultando num aquecimento para partículas maiores de 2 μm , enquanto os maiores de 20 μm são removidos rapidamente pela ação da gravidade. Suas concentrações variam conforme o ambiente, podendo ir de $10^3/\text{cm}^3$ sobre os oceanos, até $10^6/\text{cm}^3$ sobre áreas urbanas.²²

Comparativamente ao estudo dos gases estufa, é mais difícil identificar as fontes de aerossóis e atribuir-lhes responsabilidades por seus efeitos sobre o clima. Primeiro, muitas espécies de aerossóis não são emitidas diretamente de um único tipo de fonte, mas são formadas na atmosfera a partir de substâncias precursoras. Segundo, alguns aerossóis consistem de partículas cujas propriedades físicas, como o tamanho e o índice de refração, variam muito e, como seus tempos de residência e efeitos radiativos dependem fortemente dessas propriedades, não faz muito sentido indicar um valor único para o forçamento de tais aerossóis. Terceiro, diferentes espécies de aerossóis freqüentemente combinam-se para formar partículas com propriedades ópticas e tempos de residência diferentes de seus componentes originais. Por fim, as nuvens afetam os aerossóis de maneira muito complexa, através da limpeza, adição de massa e formação de novos aerossóis nas proximidades ou em seu interior²³. Além de tudo isso, existe o fato de os modelos que descrevem a atuação dos aerossóis no sistema climático, apesar de terem evoluído bastante nos últimos anos, ainda estarem em fase inicial de desenvolvimento, de maneira que a maior parte das incertezas referentes ao seu comportamento deriva mais das diferenças dos resultados dos modelos entre si do que das incertezas quanto às propriedades dos aerossóis²⁴.

Vejamos alguns dos tipos mais importantes:

- Poeira do solo: suas principais fontes são os desertos e regiões semi-áridas, mas também podem ser produzidos em regiões secas ou sub-úmidas cuja cobertura vegetal sofreu alguma alteração. Seus diâmetros médios estão entre 2 e 4 μm e sua produção mundial oscila entre 1000 e 5000 Mt/ano²⁵.
- Sal marinho: são produzidos por diversos processos físicos, especialmente a evaporação de gotículas de água, que deixam o sal suspenso no ar. Seus diâmetros variam entre 0,05 e 10 μm , com uma variação correspondente sobre o

²² Hartmann (1994), p. 291-292, 297-298; IPCC (2001), p. 293.

²³ IPCC (2001), p. 295.

²⁴ IPCC (2001), p. 374.

²⁵ IPCC (2001), p. 296-297. Uma megatonelada equivale a 10^{12} gramas.

tempo de residência, e sua produção mundial estimada é de 3300 Tg/ano. É o contribuidor dominante para dispersão da luz e condensação nas nuvens em regiões marinhas²⁶.

- Material particulado industrial: são produzidos pelas atividades industriais como transporte, queima de carvão, produção de cimento, metalurgia e incineração de detritos. São importantes elementos da deterioração da qualidade ambiental urbana, mas, por não serem muito ativos opticamente – seus diâmetros costumam ser superiores a 1 µm – e sua produção ser menor que outras fontes – 100 a 200 Tg/ano, com tendência de diminuição (exceto na Ásia) em consequência de monitoramento e regulação –, provavelmente não representam importância para o clima no presente²⁷.
- Compostos de carbono: Os aerossóis de carbono consistem em diversos compostos orgânicos e inorgânicos (como a fuligem) provenientes principalmente da queima de biomassa e de combustíveis fósseis e da oxidação atmosférica de compostos orgânicos voláteis. Acredita-se que sejam tão poderosos quanto os sulfatos em relação ao desvio da luz. Perfazem uma fração grande, porém altamente variável dos aerossóis atmosféricos, e não se dispõe, até o momento, de medições suficientes para estimar suas quantidades e efeitos²⁸.
- Aerossóis biogênicos: consistem de fragmentos de vegetais, partículas de húmus, bactérias, pólen, esporos e semelhantes. São absorvedores de luz e atuam fortemente como núcleos de condensação. Sua contribuição é muito significativa em áreas densamente vegetadas e adjacências; entretanto, existem ainda poucos estudos sobre sua contribuição como aerossóis atmosféricos²⁹.
- Sulfatos: as partículas de sulfato estão presentes na atmosfera sob a forma de ácido sulfúrico (H₂SO₄), sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] e compostos intermediários, predominantemente de tamanhos menores que 1 µm e que desviam a luz de maneira muito eficiente, atuando no sentido de resfriamento. São produzidos por reações químicas na atmosfera a partir de gases precursores, notadamente o dióxido de enxofre (SO₂), originado da queima de combustíveis fósseis – que produzem 76 Tg de enxofre por ano, 68 delas no hemisfério norte –

²⁶ IPCC (2001), p. 297-299.

²⁷ IPCC (2001), p. 299.

²⁸ IPCC (2001), p. 299-300.

²⁹ IPCC (2001), p. 300.

e de erupções vulcânicas – que produzem 9,3 Tg de enxofre por ano –, e o ácido sulfídrico (H₂S) de fontes biológicas, principalmente o plâncton marinho, que produzem 24 Tg de enxofre por ano. Embora o dióxido de enxofre antropogênico constitua a maior parte das emissões, boa parte dele, por ser lançado muito próximo ao solo, é perdida por deposição antes de poder ser oxidado, enquanto o dióxido de enxofre originado de vulcões e o ácido sulfídrico tendem a permanecer mais tempo na atmosfera e, somados, perfazem um forçamento radiativo maior que o antropogênico³⁰.

Todas as formas citadas de aerossóis têm um nível de conhecimento classificado pelo IPCC como “muito baixo”, exceção feita aos sulfatos, classificado como “baixo”³¹.

5.2.1.3 Vulcanismo

Os vulcões desempenham um importante papel sobre o clima por serem o elo de transferência de carbono e enxofre entre a litosfera e a atmosfera e por serem grandes lançadores de aerossóis, podendo contribuir para o resfriamento da troposfera. Existem basicamente dois tipos de vulcões: os *difusivos*, que estão continuamente lançando lavas, gases e cinzas, e afetam somente o meio ambiente local; e os *explosivos*, que conseguem injetar material particulado e dióxido de enxofre diretamente na estratosfera, afetando o clima em escala global³².

A maior parte do material particulado – cinzas e partículas de rochas – que atinge a estratosfera, por conta de seu tamanho, tem uma sedimentação rápida, restando menos de 10% da quantidade inicial entre cinco e seis meses após a erupção. Ao contrário, o dióxido de enxofre pode ter efeitos mais duradouros na atmosfera, pois, ao entrar em contato com a água, forma o ácido sulfúrico, tendo as partículas menores remanescentes como núcleos de condensação. Esse ácido é muito higroscópico, e coleta água para aumentar a massa e o tamanho dos aerossóis. Normalmente, o pico desse processo se dá em aproximadamente seis meses após a erupção, por conta do tempo

³⁰ IPCC (2001), p. 300-303.

³¹ IPCC (2001), p. 392.

³² Molion (1994), p. 14.

requerido para converter o dióxido de enxofre em ácido sulfúrico e posteriormente em aerossóis maiores. Eles então permanecem em suspensão durante um ou dois anos³³.

Por conta de seu tempo de ação relativamente curto, e dependendo da magnitude da erupção, fica difícil isolar e reconhecer os efeitos de um único vulcão sobre o clima global. Esses efeitos são mais discerníveis quando ocorre uma sequência de erupções, ou quando uma única erupção é realmente grandiosa, como a do monte Pinatubo em 1991³⁴.

Há ainda um ponto interessante a ser explorado sobre o vulcanismo. De acordo com Molion, no começo da década de 1980, surgiu uma teoria (nas palavras do autor, um “dogma”) de que a camada de ozônio estava sendo destruída por causa da liberação de compostos de clorofluorcarbono resultante das atividades humanas. De fato, as observações confirmaram a presença de cloro na estratosfera; a hipótese ganhou força e isso foi levando a uma redução, até a completa eliminação, do emprego dos clorofluorcarbonos em sistemas de refrigeração. Molion, no entanto, fornece-nos elementos para contestar este “dogma” estabelecido, dizendo que os clorofluorcarbonos não são a única fonte de cloro para a atmosfera, mas principalmente os oceanos e os vulcões³⁵.

Estima-se que, quando se empregava o clorofluorcarbono em refrigeração, a produção mundial era de 1,1 milhão de toneladas por ano, que continham 750 mil toneladas de cloro. Deste total, cerca de 1%, ou seja, 7,5 mil toneladas conseguiriam atingir a estratosfera e ali destruir o ozônio. Pois bem, os oceanos liberam anualmente, na baixa troposfera, algo em torno de 600 milhões de toneladas de cloro. Os vulcões difusivos, também na baixa troposfera, liberam anualmente cerca de 36 milhões de toneladas de cloro, enquanto que os vulcões explosivos conseguem lançar de uma só vez milhões de toneladas de cloro diretamente na estratosfera. Entretanto, acredita-se que somente 1% do total de cloro lançado pelos vulcões explosivos atinja a estratosfera³⁶. Se for assim, somente a explosão do monte Pinatubo, que lançou 4,5 milhões de toneladas de HCl, teria fornecido algo como 45 mil toneladas de cloro para a estratosfera, o que dá um total de *seis* vezes mais cloro do que a quantidade fornecida pelos clorofluorcarbonos em um ano.

³³ Molion (1994), p. 14; Hartmann (1994), p. 294-296.

³⁴ Molion (1994), p. 17; Hartmann (1994), p. 298-299.

³⁵ Molion (1994), p. 21.

³⁶ Tabazadeh e Turco (1993), citados por Molion (1994), p. 21.

A destruição do ozônio pelos clorofluorcarbonos também foi evocada para explicar a formação do buraco da camada de ozônio sobre a Antártida. Entretanto, existem neste continente 12 vulcões ativos, sendo um deles o monte Erebus, um vulcão difusivo-explosivo com cerca de quatro mil metros de altitude, quando a troposfera na Antártida no inverno chega a cinco mil metros – ou seja, o topo do vulcão está bem próximo da estratosfera – e libera cerca de 1230 toneladas de cloro diariamente. Fazendo as contas, concluímos que o monte Erebus, sozinho, consegue lançar praticamente dentro da estratosfera quase 60 vezes mais cloro do que aquele antes liberado pelas atividades humanas.

Molion também cita a explicação de Sir George Dobson, de 1960 – antes da utilização em larga escala dos clorofluorcarbonos, portanto – para a formação do buraco de ozônio antártico. Durante o inverno, desenvolve-se um vórtice circumpolar, ventos de velocidade superior a 200 km/h em torno do continente, o que isola a atmosfera antártica e impede que o ozônio, produzido principalmente na região tropical, consiga chegar até ela. Sem luz solar e com temperaturas abaixo de -80°C , o ozônio restante é continuamente destruído, tendo como catalisadores o cloro e as nuvens estratosféricas, mas quando chega a primavera o vórtice se quebra e o ozônio tende a retornar aos níveis normais. Enfim,

“não há evidências da diminuição da camada de ozônio quando séries mais longas de dados de sua concentração são usadas. O que existe é uma variação natural de sua concentração que depende, entre outros, da atividade solar e das quantidades de halogênios injetados diretamente na estratosfera pelos vulcões”³⁷.

Mesmo com a produção de clorofluorcarbonos controlada, o “dogma” ainda é ensinado como um exemplo entre os problemas ambientais globais, de como o homem tem o poder de danificar o planeta, mas também de reparar seus erros – desde que, claro, a solução seja mais lucrativa do que o problema.

5.2.1.4 Mecanismos de realimentação

³⁷ Molion (1994), p. 21.

É importante retermos também o conceito de *mecanismos de realimentação*. Estando todos os elementos do sistema climático interligados, mudanças em alguns deles podem produzir repercussões em partes ou na totalidade do sistema. Tais impulsos podem amplificar ou reduzir a tendência de mudança original. Quando amplificam – aquecimento produzindo mais aquecimento ou resfriamento produzindo mais resfriamento – são chamados de *realimentação positiva*, e quando reduzem – aquecimento levando a resfriamento ou resfriamento levando a aquecimento – são chamados de *realimentação negativa*. As realimentações positivas são motivo de preocupação especial por causa da possível reação em cadeia que podem causar.

Vejamos alguns exemplos:

- Gelo

A cobertura de neve e os glaciares são brancos e, por isso, possuem albedo elevado. Quando crescem, devido a um resfriamento inicial, tendem a refletir mais radiação solar de volta para o espaço, favorecendo mais resfriamento. Já quando derretem, o albedo decresce e uma maior quantidade de energia é absorvida pela superfície terrestre, incrementando o aquecimento³⁸.

- Fertilização por carbono

O lançamento de dióxido de carbono na atmosfera e o conseqüente aquecimento favorecem a fotossíntese, levando a um maior crescimento das plantas, que por sua vez conseguem retirar mais dióxido de carbono da atmosfera, favorecendo um resfriamento. Quando as plantas morrem, ou quando ocorre desmatamento, porém, grandes quantidades de dióxido de carbono são lançadas novamente na atmosfera; como exemplo da magnitude desse processo, podemos citar a floresta amazônica, que guarda um estoque de carbono equivalente ao resultante de 30 anos de queima de combustíveis fósseis nos níveis atuais. O desmatamento também reduz o albedo da superfície, contribuindo para uma diminuição da temperatura. A decomposição da matéria orgânica de solos desmatados também é um potente fornecedor de dióxido de carbono³⁹.

- Oceanos

³⁸ Hardy (2003), p. 62.

³⁹ Hardy (2003), p. 64.

Os oceanos são grandes absorvedores de energia e sumidouros de carbono. A energia gerada pelo aquecimento do planeta é absorvida pela água e transportada pelos processos de mistura para o fundo oceânico, diminuindo o ritmo de elevação da temperatura. Por outro lado, conforme já vimos, a elevação da temperatura oceânica diminui as solubilidades do dióxido de carbono e do metano, à razão de 1 a 2% por grau Celsius, lançando estes gases na atmosfera e contribuindo para maior aquecimento. Podemos citar também a redução da salinidade das águas superficiais provocada pela maior precipitação sobre os oceanos, deixando estas águas menos densas e diminuindo a eficiência do transporte de energia em direção ao fundo oceânico⁴⁰.

- Mudanças no uso da terra

As mudanças no uso da terra sobre vastas áreas podem gerar impactos climáticos em escala regional. Entre as diversas formas de mudanças no uso da terra, a mais importante é a substituição de florestas por pastos e campos agrícolas, especialmente na faixa tropical do globo, que pode reduzir a evapotranspiração e a precipitação, aumentar o albedo da região modificada e, conforme já foi visto, liberar grandes quantidades de gases estufa para a atmosfera⁴¹.

5.2.2 Causas astronômicas

As *causas astronômicas* referem-se a mudanças na geometria da Terra, e são fatores cíclicos, ou seja, que se repetem periodicamente. Os parâmetros orbitais históricos da Terra podem ser reconstruídos com bastante acurácia a partir de cálculos de mecânica celeste, assumindo-se um sistema solar sem perturbações externas.

Teorias envolvendo mudanças nos parâmetros orbitais do planeta começaram a ser desenvolvidas na Europa no século XIX, para explicar a ocorrência de eras glaciais. Essas teorias foram refinadas nas primeiras décadas do século XX pelo matemático sérvio Milutin Milankovitch. Seus trabalhos atraíram a atenção de Köppen, com quem manteve correspondência e que o auxiliou em seus trabalhos⁴².

⁴⁰ Hardy (2003), p. 66-67.

⁴¹ IPCC (2001), p. 443.

⁴² Hartmann (1994), p. 302. Os valores a seguir são deste mesmo autor, p. 303-310.

A órbita da Terra não é circular, mas elíptica, e sua excentricidade não é constante. Seu valor atual é de 0,015, mas ela pode variar entre 0 e 0,6, segundo uma periodicidade de aproximadamente 100.000 anos, com um ciclo maior de cerca de 400.000 anos. Essas variações na excentricidade da órbita terrestre interferem na recepção de energia solar pela Terra, de maneira que, quanto menor a excentricidade da órbita, menor é a diferença na duração das estações. Ao contrário, quanto maior a excentricidade, maior a diferença entre as estações. Atualmente, quando a Terra está no periélio, ou seja, mais próxima do sol, a recepção de energia é aproximadamente 6% maior que no afélio, quando a Terra está mais distante do sol, mas esse valor pode chegar a 20% em momentos de excentricidade elevada. Daqui a cerca de 50.000 anos, o periélio ocorrerá em julho, e não em janeiro como atualmente. Como consequência, no hemisfério norte, os verões poderão se tornar mais quentes e os invernos, mais frios.

A figura 9 representa a variação da excentricidade da órbita da Terra desde 800.000 anos atrás até daqui a 50.000 anos. Ficam bastante claras as periodicidades de 100.000 e 400.000 anos. A excentricidade atual, de 0,015, é relativamente pequena se comparada aos valores próximos de 0,055 há 200.000 e 600.000 anos atrás.

Figura 9 – Excentricidade da órbita da Terra em função do tempo de 800.000 anos atrás até daqui a 50.000 anos (Hartmann, 1994, p. 308).

A Terra não forma um ângulo reto com o plano da eclíptica, mas sim mantém uma inclinação que, atualmente, vale cerca de $23,5^\circ$. Este valor também sofre variações, entre $21,5^\circ$ e $24,5^\circ$, com uma periodicidade de 41000 anos. As variações na obliquidade do plano da eclíptica determinam a diferenciação entre as estações do ano, de maneira

que, se a obliquidade da eclíptica diminui, diminui o contraste entre as estações, porém aumenta-se a distinção entre as zonas.

Existe ainda o movimento chamado precessão dos equinócios, bastante semelhante ao movimento executado por um pião. Por ele, muda-se a época em que ocorrem os solstícios e equinócios em cada hemisfério, assim como a direção em que aponta o eixo da Terra. Atualmente, o solstício de verão no hemisfério norte ocorre em junho, e o eixo da Terra aponta para a estrela Polar. Depois de percorrida metade do ciclo, de 23.000 anos no total, o solstício de verão no hemisfério norte ocorre em dezembro e o eixo da Terra aponta para a estrela Vega.

A figura 10 ilustra os parâmetros da precessão e da obliquidade de 150.000 anos atrás até daqui a 50.000 anos. A longitude do ciclo do periélio tem um período de aproximadamente 20.000 anos, mas seu efeito sobre a precessão é modulado pela variação de maior período da excentricidade. O efeito da precessão será pequeno pelos próximos 50.000 anos, por causa da pequena excentricidade desse período (a precessão depende da excentricidade e do seno da longitude do periélio). De acordo com a teoria de Milankovitch, esse próximo período será relativamente livre do gelo, como resultado da maior insolação no hemisfério norte no verão, que ocorre quando a obliquidade é alta e o parâmetro de precessão ($e \sin A$, onde e =excentricidade e A =longitude do periélio) é positivo e alto. Esta mesma combinação de eventos ocorreu há 10.000 anos, numa época em que a média de temperatura global era ligeiramente mais alta que a de hoje. O último máximo glacial, há cerca de 20.000 anos, foi precedido por um relativo mínimo na insolação de verão no hemisfério norte.

Figura 10 – Parâmetros de precessão e obliquidade em função do tempo de 150.000 anos atrás até daqui a 50.000 anos (Hartmann, 1994, p. 308).

Se a teoria de Milankovitch parece plausível, a maneira como tais ciclos afetam o clima não é tão clara. Eles parecem produzir mudanças na insolação média anual menos notórias do que as mudanças sazonais e de distribuição regional da insolação, o que provoca profundos efeitos sobre os fluxos de energia entre os trópicos e as latitudes altas, determinando o gradiente térmico entre essas regiões, mais alto em períodos glaciais e mais baixo durante interglaciais⁴³. Também já foi sugerido que períodos glaciais seriam estimulados em épocas de reduzido recebimento de radiação no hemisfério norte – solstício de inverno próximo ao afélio, por exemplo –, mas com as temperaturas oceânicas relativamente ainda elevadas nas altas latitudes, o que consistiria em uma fonte de ar úmido que posteriormente precipitaria sobre os continentes na forma de neve. A partir daí, o resfriamento se auto-alimentaria. Já a deglaciação ocorreria em épocas de alto recebimento de radiação no verão e baixo no inverno. As calotas de gelo começariam a derreter, enquanto a superfície oceânica se congelaria, evitando a evaporação e a conseqüente queda de neve. Conforme o nível do mar vai subindo, estimula o derretimento do gelo, outro processo auto-alimentador⁴⁴.

A teoria de Milankovitch foi bem aceita até a década de 1950, quando datações de radiocarbono mostraram alguma discrepância entre as curvas de quantidade de radiação recebida previstas e os períodos glaciais observados, levando praticamente ao seu esquecimento. Nas últimas décadas, porém, ela vem sendo retomada⁴⁵. Entretanto, a importância atribuída aos ciclos de Milankovitch não é a mesma para todos os cientistas. Muitos acreditam que as mudanças no recebimento e distribuição de energia envolvidas nos ciclos não são grandes o suficiente para terem produzido, sozinhas, os ciclos de períodos glaciais e interglaciais⁴⁶.

5.2.3 Causas extraterrestres

O total de energia solar que chega à Terra é um determinante central para o clima. A maior parte da energia solar recebida pelo nosso planeta origina-se na

⁴³ Lindzen (1994), p. 358.

⁴⁴ Whyte (1995), p. 32.

⁴⁵ Hartmann (1994), p. 302.

⁴⁶ Whyte (1995), p. 33.

fotosfera, cuja temperatura de emissão é aproximadamente 6000K. Podem ser vistas na fotosfera (mesmo a olho nu, durante o pôr do sol) manchas escuras chamadas *manchas solares*, que podem ser percebidas tanto na faixa do visível quanto em todo o espectro de emissão solar. O centro de uma mancha solar típica tem uma temperatura de emissão em torno de 1700K abaixo da média da fotosfera, ou seja, 25% a menos. O tom escurecido das manchas solares resulta de uma disrupção do fluxo normal de energia em direção à fotosfera, através de fortes perturbações no campo magnético associadas às manchas. Seus tamanhos e durações variam de algumas centenas de quilômetros de diâmetro, durando um dia ou dois, até aquelas de dezenas de milhares de quilômetros, que duram vários meses. Em média, elas duram uma semana ou duas, cobrindo uma área do disco visível do sol que varia entre 0 e 0,1%. Porém, as manchas solares são acompanhadas por regiões mais brilhantes chamadas *fáculas*, que cobrem uma fração de área muito maior que as manchas solares, com as quais elas parecem estar associadas. As *fáculas* são aproximadamente 1000K mais quentes que a média da fotosfera, e emitem 15% mais energia. No final das contas, as *fáculas* conseguem compensar e mesmo superar o decréscimo de radiação das manchas, o que faz com que o máximo de irradiação ocorra nos picos de atividade solar⁴⁷.

Por causa da facilidade de sua observação, existe uma longa série de registros das manchas – Galileu já as estudava –, e foi detectado um ciclo de cerca de 11 anos entre o número mínimo de manchas (0) até o pico (várias centenas):

Figura 11 – Número anual de manchas solares de 1840 a 1995 (Joselyn *et al*, 1997, in Leroux, 2005, p. 109).

⁴⁷ Hartmann (1994), p. 289.

A periodicidade do ciclo também varia, com os ciclos menores geralmente produzindo um número maior de manchas. São evidentes variações na magnitude do ciclo solar, com uma redução significativa de atividade em diversos períodos, conhecidos como *mínimos*: no século XIII, o mínimo de Wolf; no século XV, o mínimo de Spörer; entre 1645 e 1715, o mínimo de Maunder, quando as manchas estiveram virtualmente ausentes; e no início do século XIX, o mínimo de Dalton⁴⁸.

De acordo com Hartmann, a variação da radiação de alta energia e de partículas associadas às explosões solares tem uma influência significativa na alta atmosfera. No entanto, o efeito dessas explosões e proeminências no saldo total de energia total do sol é desprezível, e sua influência sobre o clima da Terra é pequena. A variação de irradiação entre o mínimo e o máximo de atividade solar nos ciclos de 11 anos é de no máximo $1,5 \text{ W/m}^2$, o que produziria uma oscilação de temperatura menor que $0,1^\circ\text{C}$. Além disso, os ciclos de 11 anos são muito curtos para a escala climática. Os sistemas naturais, principalmente os oceanos (que, por sua alta capacidade térmica, são grandes reguladores do clima), sofreriam uma mudança irrisória em face de um ciclo tão curto e de magnitude tão pequena. Desse modo, afirma Hartmann, quando tratamos das mudanças climáticas, com exceção das primeiras eras geológicas, podemos tomar o sol como uma fonte constante de energia⁴⁹.

Entretanto, existem posições divergentes; alguns autores creditam maior importância à atividade solar. Lamb aponta que entre os anos de 1915 e 1964, um período de temperaturas mais altas, a duração média do ciclo foi de 10,2 anos, com um número mais elevado de manchas, o mesmo se dando em outros períodos quentes como o final do império romano e a alta idade média. Ao contrário, o mínimo de Spörer, com um ciclo de duração de 12 anos, e o mínimo de Maunder parecem coincidir com períodos de clima mais frio, aproximadamente a Pequena Idade do Gelo na Europa⁵⁰.

Hoyt e Schatten também acreditam que o sol possa contribuir com as mudanças climáticas terrestres. Examinam diversos trabalhos sobre as variações climáticas e variações solares de diversos tipos, que, segundo eles, indicam, apesar de não provar, uma relação entre ambos os fenômenos. São discutidos o nível de atividade solar – quantidade de manchas, os ciclos de onze anos e múltiplos desses ciclos, relacionando o

⁴⁸ Hartmann (1994), p. 289; Leroux (2005), p. 110.

⁴⁹ Hartmann (1994), p. 287-291.

⁵⁰ Lamb (1995), p. 320-321.

mínimo de Maunder à Pequena Idade do Gelo; variações na duração dos ciclos, relacionando-as à amplitude das variações térmicas; estrutura das manchas solares, cujas regiões mais ou menos escurecidas determinariam menor ou maior irradiação e a rotação do sol, que seria mais ou menos acelerada em diferentes épocas. Para os autores citados, não seria plausível que todos esses fenômenos solares ocorressem sem nenhuma variação em seu brilho. Os diversos trabalhos citados sugerem não apenas tal variação, mas também uma certa influência sobre as temperaturas da Terra⁵¹. Veja-se como exemplo a figura 12, em que os autores tentam demonstrar alguma correlação entre as temperaturas do planeta e a radiação solar:

Figura 12 – Variação da temperatura média anual do hemisfério norte (linha mais clara) e a irradiação solar em W/m^2 (Groverman; Landsberg, 1979; Hansen; Lebedeff, 1988; in Hoyt; Schatten, 1997, p. 196)

Hoyt e Schatten acreditam que numa escala de décadas e séculos as variações solares devem ser a principal componente natural das mudanças climáticas terrestres, visto que ambas se ajustam razoavelmente bem nos últimos quatro séculos. Porém, tal enfoque não implica em que outras componentes não sejam importantes.

⁵¹ Hoyt; Schatten (1997).

5.3 Como conhecer o passado?

Os processos climáticos podem deixar suas marcas sobre os ambientes, o que torna possível, através da interpretação dessas marcas, formar uma idéia de como foram os climas no passado e como eles variaram. Essas informações são de suma importância para uma melhor compreensão do funcionamento do sistema climático, auxiliando-nos na tentativa de elaborar previsões para seu funcionamento futuro. Exporemos, a seguir, alguns dos principais métodos de estudo dos climas passados.

5.3.1 Métodos

5.3.1.1 Registros instrumentais

Os registros instrumentais são a maneira mais direta de se conhecer os climas passados, mas apresentam o inconveniente de não recuarem muito no tempo. O termômetro, o pluviômetro e o barômetro foram inventados por volta do século XVII, mas são muito poucas as localidades que possuem uma série de dados meteorológicos de 200 anos ou mais. A mais longa série de temperaturas conhecida inicia-se em 1659, compilada por Gordon Manley a partir de diversas séries de dados da Inglaterra central. A partir do início do século XVIII, as estações foram se difundindo pela Europa, mas em diversas áreas do globo demoraram ainda algum tempo para serem iniciadas: para se ter uma idéia, a primeira série de dados do hemisfério sul começa em 1832, na cidade do Rio de Janeiro. Já as regiões polares só iniciaram seus registros na década de 1940 (para o Ártico) e 1950 (para a Antártida).

Outro possível inconveniente dos registros instrumentais está relacionado à sua distribuição geográfica esparsa, o que não permite determinar com precisão a temperatura global. Podem ocorrer mudanças da localização da estação, o que se traduzirá numa alteração brusca dos registros. Também podem ocorrer mudanças no uso da terra nos arredores da estação, como o crescimento das cidades, que provoca o

fenômeno da ilha de calor urbano, ou seja, uma alteração climática local que nada tem a ver com mudanças de escala maior. Este argumento é invocado por diversos autores para a crítica da hipótese do aquecimento global: segundo eles, boa parte do aumento da temperatura registrado em diversas estações pelo globo podem ser simplesmente o resultado de alterações climáticas locais, fruto do crescimento das cidades e expansão das manchas urbanas⁵².

5.3.1.2 Registros históricos

Registros arqueológicos e históricos podem conter descrições das condições climáticas atuantes no tempo em que foram escritos e seus impactos sobre as comunidades. Há que se atentar, porém, para a possível subjetividade desses registros. Eles podem ter sido redigidos por uma pessoa que não tivesse vivido naquela região por tempo suficiente para conhecer seu clima “normal”. Também existe a tendência de receberem maior destaque nos relatos os eventos de maior impacto sobre as comunidades – secas, enchentes, grandes nevascas –, que podem representar mais excepcionalidades do que eventos habituais. Costumes de uma população, como a extensão e o tipo de cultivos locais, condições de moradia, vestimentas e assim por diante, podem fornecer pistas sobre o clima de uma época mas, mesmo sendo por este influenciados – influência que se faz mais importante quanto mais recuamos no tempo – são também o resultado dos fatores econômicos, políticos, sociais e culturais vigentes⁵³.

5.3.1.3 Registros fósseis

Fósseis animais e vegetais fornecem pistas sobre a temperatura e a umidade do ambiente onde viveram e as mudanças nele ocorridas, tendo sido muito empregados para estabelecer uma cronologia das mudanças climáticas do holoceno. Este método abre maiores possibilidades de pesquisa nas regiões temperadas e polares, pois na região tropical, onde o intemperismo é mais atuante, a preservação dos fósseis é prejudicada. A

⁵² Whyte (1995), p.10-13.

⁵³ Whyte (1995), p. 13-16.

principal dificuldade inerente a esse método está relacionada ao intervalo entre a mudança climática e a resposta dada a esta pela vegetação: o avanço ou recuo de uma floresta (especialmente as temperadas, de ciclos de vida mais longos) pode se dar como resposta a uma mudança ocorrida várias centenas de anos antes. Quanto a isso, o estudo de fósseis animais, especialmente os insetos, pode trazer resultados mais satisfatórios, devido aos seus ciclos de vida mais curtos e sua capacidade de locomoção⁵⁴.

5.3.1.4 Dendroclimatologia

A dendroclimatologia é o estudo de climas passados através da sequência de anéis de árvores, com base no fato de que muitas espécies crescem num ritmo anual, refletindo as sazonalidades. Anéis largos indicam condições favoráveis ao crescimento, enquanto anéis estreitos denunciam condições adversas. Isso ocorre mais marcadamente em árvores de climas temperados, onde as estações do ano são contrastantes; em climas tropicais, onde essa sazonalidade é menos marcada, não se formam anéis tão nítidos. Este método permite reconstruir as condições climáticas por um período da ordem de milênios e identificar anos particularmente importantes; apenas é recomendado o cuidado de não se examinar somente uma única árvore, pois ela pode sofrer a influência de outros fatores em seu crescimento⁵⁵.

5.3.1.5 Isótopos de oxigênio

Os átomos de oxigênio com massa molecular igual a 16 perfazem 99,8% do total na natureza, enquanto que seu isótopo de massa 18 corresponde aos 0,2% restantes. Porém, essa proporção sofre alterações de acordo com a temperatura do ambiente onde se encontram combinados a outros elementos para formar a água e o carbonato de cálcio. Sendo mais pesadas, as moléculas de água contendo O¹⁸ têm maior dificuldade para evaporar, demandando mais energia. Altas concentrações de O¹⁸, contidas no vapor d'água que formou as geleiras, indicariam portanto períodos de temperaturas mais

⁵⁴ Whyte (1995), p. 16-17.

⁵⁵ Whyte (1995), p. 22-23.

elevadas e baixas concentrações indicam temperaturas mais baixas. Ao contrário, quando existe uma alta concentração de O^{18} no carbonato de cálcio de esqueletos e conchas de animais marinhos, que formam depósitos estratificados no fundo do mar, fica sugerido que a água do mar que formou essa substância era rica em O^{18} e, assim, as temperaturas reinantes eram mais baixas. A resolução de tempo dos sedimentos marinhos é relativamente baixa, da ordem de 1000 anos, em decorrência dos processos de mistura no fundo oceânico. Entretanto, o fato de eles poderem ser localizados em cerca de 70% da superfície do planeta torna-os uma valiosa fonte de informações sobre o clima⁵⁶.

5.3.2 *Um caso notável: as geleiras de Vostok*

Já dissemos que as medições diretas da concentração de dióxido de carbono na atmosfera só começaram a ser feitas de maneira sistemática em 1957. Todavia, é possível conhecer suas concentrações em épocas mais distantes: existem reservas naturais de amostras de ar atmosférico aprisionadas em calotas de gelo ao longo do tempo, formadas quando a neve cai sobre a superfície do gelo. Quando se conseguem encontrar locais apropriados, podem ser determinadas as concentrações atmosféricas de dióxido de carbono em épocas passadas através da análise dessas amostras de ar aprisionadas⁵⁷. Destes locais, o mais famoso é a geleira de Vostok (78°S, 106°L), na Antártida oriental, sobre a qual vários estudos já foram publicados apresentando as variações de temperaturas e de concentrações de gases ao longo de épocas passadas. Estes estudos envolvendo a geleira de Vostok costumam ser citados em publicações sobre mudanças climáticas, inclusive aquelas do IPCC, como *a prova* ou, no mínimo, como uma forte evidência de que a variação de dióxido de carbono atmosférico é a principal responsável pelas mudanças climáticas globais, ao menos desde o pleistoceno. Entretanto, *não* é esta a conclusão a que chegam os autores dos estudos que discutiremos a seguir.

⁵⁶ Whyte (1995), p. 23-25.

⁵⁷ Barnola *et al* (1987), p. 408.

O primeiro foi publicado na revista *Nature* em 1º de outubro de 1987. Através de uma perfuração de cerca de 2080 metros de profundidade no gelo, pôde ser reconstruída a variação das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera até 160.000 anos atrás, o que atinge a penúltima glaciação, bem como as variações da temperatura local para o mesmo período, obtidas na mesma geleira a partir das proporções de deutério na molécula de água, cujo comportamento é semelhante aos isótopos de oxigênio descritos há pouco⁵⁸. Os resultados das variações da temperatura local e concentrações atmosféricas de dióxido de carbono podem ser visualizados na figura 13.

Figura 13 – Concentrações de dióxido de carbono em partes por milhão (curva superior) e temperaturas locais derivadas de variações de isótopos de hidrogênio (curva inferior) obtidas na geleira de Vostok (Barnola *et al*, 1987, p. 410).

Os registros denotam duas grandes mudanças de temperatura, uma na parte mais antiga da seqüência, há cerca de 140.000 anos, correspondente ao fim da penúltima glaciação, e outra na parte mais recente, há cerca de 15.000 anos, correspondente ao fim

⁵⁸ Barnola *et al* (1987), p. 408, 411-412.

da última glaciação⁵⁹. Verifica-se uma forte correlação entre as concentrações de dióxido de carbono e o clima antártico, com as altas concentrações correspondendo a temperaturas mais elevadas. Verificam-se também duas ciclicidades na variação das concentrações do gás, uma maior, de cerca de 100.000 anos, e uma secundária, de cerca de 21.000 anos, que os autores associam aos ciclos de Milankovitch⁶⁰.

Entretanto, uma observação mais cuidadosa indica algumas incongruências nessa correlação:

- a) durante o último período interglacial e a transição para o período glacial, tanto as concentrações de dióxido de carbono e de deutério atingem um pico há cerca de 135.000 anos mas, enquanto os valores de deutério claramente decrescem – indicando diminuição de temperatura –, as concentrações de dióxido de carbono permanecem relativamente constantes durante esse período. Um efeito similar, embora menos óbvio, aparece em torno de 75.000 anos atrás, quando a curva de deutério apresenta um decréscimo enquanto a de dióxido de carbono permanece constante.
- b) O “pico de frio” observado na última glaciação, a cerca de 110.000 anos, não é acompanhado por uma redução tão nítida de dióxido de carbono⁶¹.

Diante dessas incongruências, os autores afirmam que os grandes candidatos a responsáveis pelas mudanças climáticas ocorridas no período coberto pelos estudos de Vostok são os efeitos radiativos decorrentes das variações de dióxido de carbono, *combinados a mecanismos de realimentação*, e que os resultados indicam que *outros forçamentos climáticos*, além do dióxido de carbono, podem estar relacionados às mudanças climáticas ocorridas durante o período estudado⁶².

Em 3 de junho de 1999, a *Nature* publicava um novo artigo sobre a geleira de Vostok, desta vez recuando até 420.000 anos atrás (figura 14). Da mesma forma que o artigo anterior, os autores atestam a forte correlação entre os gases estufa e as temperaturas locais durante os quatro últimos ciclos glaciais (embora possamos encontrar também épocas em que a correlação não se estabelece), mas *não* consideram

⁵⁹ Barnola *et al* (1987), p. 410.

⁶⁰ Barnola *et al* (1987), p. 408; 412.

⁶¹ Barnola *et al* (1987), p. 412

⁶² Barnola *et al* (1987), p. 412.

essa variação dos gases como a *causa* dos ciclos, e sim como um mecanismo de *ampliação* de mudanças induzidas por forçamentos orbitais:

“Nossos resultados sugerem que a mesma seqüência de forçamentos climáticos ocorreu durante cada finalização [das glaciações]: forçamento orbital (possivelmente através de mudanças na insolação local, mas isto é especulativo pois temos uma pobre datação absoluta) seguido por dois fortes amplificadores, com os gases estufa atuando primeiro, e então um incremento da deglaciação através do mecanismo de realimentação gelo-albedo”⁶³.

Figura 14 – Dados obtidos na geleira de Vostok para os últimos 420.000 anos. Curva **a**: concentrações de CO₂; curva **b**: temperatura isotópica da atmosfera; curva **c**: concentrações de CH₄; curva **d**: concentrações de O¹⁸ atmosférico; curva **e**: insolação em meados de junho na latitude 65°N em W/m² (Petit *et al*, 1999, p. 431).

Ainda na edição de 1º de outubro de 1987 da *Nature*, o artigo seguinte, escrito por uma equipe ampliada do primeiro, explica as mudanças climáticas observadas no período coberto por Vostok evocando uma interação entre os ciclos de Milankovitch e as variações na concentração de dióxido de carbono, inclusive com a possibilidade das

⁶³ Petit *et al* (1999), p. 435.

mudanças na concentração desse gás serem *induzidas pelas mudanças orbitais*⁶⁴. Os autores concluem sua exposição pedindo cautela na extrapolação de resultados obtidos através do estudo de climas passados para prever climas futuros – cautela que, sabemos, nem sempre é exercida:

“Finalmente, permanecemos cautelosos em extrapolar essa análise das condições passadas para o impacto do recente aumento antropogênico de CO₂ sobre climas futuros. Mesmo que a nossa interpretação esteja correta, deve-se notar que mecanismos de realimentação de longo prazo atuam de diferentes maneiras quando vão em direção ao último ou ao presente interglacial e quando vão para um possível superinterglacial futuro. Tal previsão requer uma melhor compreensão dos mecanismos envolvidos nessa interação entre o forçamento orbital de CO₂ e o clima”⁶⁵.

⁶⁴ Genthon *et al* (1987), p. 414-418.

⁶⁵ Genthon *et al* (1987), p. 418.

6. Os climas passados

“Uma mudança no nosso clima, entretanto, está se posicionando muito sensivelmente. Tanto o calor quanto o frio estão se tornando muito mais moderados na memória das pessoas, mesmo as de meia-idade. As neves estão menos freqüentes e menos profundas. Não permanecem mais, no sopé das montanhas, mais do que um, dois ou três dias, muito raramente uma semana. São lembradas como tendo sido, antigamente, freqüentes, profundas e contínuas. Os idosos informam-me que a terra ficava coberta de neve cerca de três meses por ano. Os rios, que dificilmente deixavam de congelar ao longo do inverno, quase não se congelam agora. Esta mudança produziu uma infeliz flutuação entre calor e frio na primavera que é fatal para as frutas. Num intervalo de vinte e oito anos, não tinha havido registro de frutas mortas pelo gelo nas vizinhanças de Monticello. As neves acumuladas no inverno a serem dissolvidas na primavera, que produziam aquelas cheias nos nossos rios, então tão freqüentes, são bastante raras agora”.

(**Thomas Jefferson**, *Notas sobre o Estado da Virgínia*, 1781)

O modelo mais aceito de origem do sistema solar considera uma nuvem de partículas e gases em rotação, cuja massa foi se concentrando no centro, dando origem ao sol, enquanto a matéria da periferia foi se colidindo por atração gravitacional, formando os planetas. Na Terra, formou-se um núcleo quente enquanto o manto e a crosta se consolidaram. É provável que tenha havido alguma atmosfera no primeiro bilhão de anos da história da Terra, porém transitória, composta de elementos como hidrogênio, hélio, neônio, argônio e xenônio, provenientes da nuvem original, mas possivelmente fornecidos também por erupções vulcânicas. Hoje, tais gases são mais raros porque escapam ao campo gravitacional da Terra por causa de suas baixas densidades. A consolidação da crosta foi acompanhada de intensa atividade vulcânica,

com liberação de vapor d'água, CO₂, N₂ e H₂S; outros gases seriam formados a partir destes¹.

O período que vai de 3,4 a 2 bilhões de anos atrás assistiu à formação de significativas quantidades de oxigênio, transformando o caráter fortemente redutor da atmosfera. Nas camadas mais altas, o vapor d'água sofre uma dissociação pela ação da radiação ultravioleta, produzindo hidrogênio – cuja maior parte escapa para o espaço – e oxigênio; este, por ação fotoquímica, é posteriormente convertido em ozônio. Por fim, a acumulação de vapor d'água produziu intensa precipitação, dando origem aos oceanos, antes de 3,7 bilhões de anos atrás².

Era		Período	Época	Idade de início (milhões de anos atrás)
Fanerozoico	Cenozoico	Quaternário	Holoceno	0,1
			Pleistoceno	2
		Terciário	Plioceno	5
			Mioceno	26
			Oligoceno	37
			Eoceno	53
			Paleoceno	65
	Mesozoico	Cretáceo		136
		Jurássico		190
		Triássico		225
	Paleozoico	Permiano		280
		Carbonífero		345
		Devoniano		395
		Siluriano		430
		Ordoviciano		500
		Cambriano		570
Pré-cambriano	Proterozoico			2800
	Arqueozoico			4600
	Azóico			

Figura 15 – Diagrama das eras geológicas (adaptado de Hartmann, 1994, p. 213)

O esquema a seguir sintetiza as variações de temperatura e precipitação ao longo das eras geológicas em relação ao presente, que serão descritas em seguida:

¹ Frakes (1979), p. 29.

² Frakes (1979), p. 29.

Figura 16 – Variação de temperatura e precipitação em relação ao presente ao longo da história do planeta. As linhas pontilhadas ilustram tendências a partir de dados esparsos. Sem escala (Frakes, 1979, p. 261)

6. 1 Pré-cambriano

São muito escassas as evidências paleoclimáticas para o período anterior a 3,8 bilhões de anos, pois não são conhecidos fósseis nem rochas sedimentares inalteradas, apenas metassedimentos cuja datação é imprecisa. Podemos especular, porém, que o planeta absorvia grande parte da radiação solar, devido à fraca interferência da atmosfera. Os modelos teóricos mais aceitos atualmente consideram que a luminosidade solar, neste período, era de 30 a 40% menor que a atual, aumentando lentamente; era uma quantidade de energia baixa o suficiente para congelar a água do mar. No entanto, existe evidência da presença de água líquida no planeta nesta época, sugerindo um planeta mais quente. A combinação entre um sol mais fraco e uma Terra mais aquecida é chamada de *paradoxo solar* e pode ser explicada pela forte ação do efeito estufa naquele momento, que favoreceu temperaturas dezenas de graus mais altas que as atuais³.

Mesmo assim, é difícil integrar todos os possíveis fatores atuantes para traçar um quadro geral do clima daquele momento, pois eles podem atuar de maneira antagônica, como os dois principais componentes da atmosfera de então, vapor d'água e dióxido de carbono. Enquanto este atuava fortemente nos sentido de aquecimento, aquele podia atuar também aumentando a nebulosidade, favorecendo um resfriamento. O sentido de aquecimento deve ter sido o predominante, visto que as quantidades de água no sistema eram menores que as atuais e as de dióxido de carbono, maiores⁴.

A partir de 3,8 bilhões de anos, quando já são identificadas rochas sedimentares, os estudos paleoclimáticos são facilitados, mas deve-se ter em mente a química diferenciada da atmosfera de então. Ainda assim, são grandes as incertezas, tanto pelo tempo decorrido como pelas evidências muito esparsas. As temperaturas provavelmente continuaram muito elevadas, assim como a umidade, porém tendendo para um ressecamento e resfriamento devido ao decréscimo das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera⁵.

As primeiras glaciações parecem ter ocorrido em meados do pré-cambriano, há cerca de 2,3 bilhões de anos. As rochas glaciais (por exemplo, siltitos de deposição

³ Frakes (1979), p. 30; 33.

⁴ Frakes (1979), p. 30-32.

⁵ Frakes (1979), p. 33.

subparalela) mais antigas ocorrem na América do Norte, África do Sul e Austrália, mas a área limitada de exposição de rochas pré-cambrianas sugere que tais glaciações tenham se estendido também a outros continentes, porém não de maneira sincrônica. É possível que o resfriamento tenha se dado em duas fases, uma entre 2,4 e 2,3 bilhões de anos atrás e outra após 2,3 bilhões⁶.

As causas dessas glaciações são mais especulativas do que as de outros períodos, pois os registros geológicos são mais difíceis de serem decifrados. Frakes acredita numa multiplicidade de causas e sugere algumas. Partindo-se da hipótese de que a luminosidade do sol foi crescente durante o pré-cambriano, climas glaciais poderiam resultar de uma redução da eficiência do efeito estufa provocado pelo dióxido de carbono, por conta da atividade biológica. Um aumento na quantidade de organismos marinhos poderia provocar uma precipitação de carbonatos no fundo oceânico, retirando dióxido de carbono do ar e da água. Se essa precipitação tiver sido grande o bastante, pode ter resultado numa reduzida disponibilidade de dióxido de carbono, o que reduziu o número de organismos e provocou um aumento na abundância de dióxido de carbono dissolvido. Este último passo pode ter ocorrido na segunda fase do período glacial, permitindo o lançamento de dióxido de carbono na atmosfera e marcando o fim da glaciação. O autor afirma ainda que, dentre os fatores terrestres mais citados, o vulcanismo e o posicionamento latitudinal dos continentes parecem ser as únicas hipóteses que não podem ser descartadas⁷.

Também podem ter entrado em ação fatores extraterrestres. Frakes cita a hipótese do ano cósmico, segundo a qual a trajetória elíptica do sol em torno do centro da Via Láctea produziria efeitos sobre o clima da Terra, favorecendo glaciações quando o planeta está mais próximo do centro galáctico. O período deste ciclo está decrescendo, ou seja, o sol está se aproximando do centro da galáxia: há 3 bilhões de anos, o período de translação era de 400 milhões de anos, e atualmente é de 274 milhões de anos. Entre os problemas envolvidos nas hipóteses galácticas, podemos dizer que elas envolvem a suposição de uma periodicidade de glaciações, que nem sempre se verifica; e também não deixam claras de que maneira tais ciclos afetam a quantidade de energia que chega à Terra⁸.

⁶ Frakes (1979), p. 37; 39; 44.

⁷ Frakes (1979), p. 45-47.

⁸ Frakes (1979), p. 48.

Uma hipótese astronômica está relacionada à obliquidade do plano da eclíptica. Em épocas de obliquidade muito alta, as baixas latitudes recebem uma insolação menor, ocorrendo glaciações nessa parte do globo. Já em períodos de obliquidade mais baixa, como as atuais, são os pólos que recebem menos energia e as glaciações ficam mais restritas a estas áreas⁹.

O período seguinte caracterizou-se por temperaturas mais elevadas, curiosamente acompanhadas por um decréscimo das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, sugerindo que outros fatores deveriam estar mais ativos. Parece ter havido um aumento da atividade vulcânica nesse período, testemunhado pela abundância de rochas ígneas – mas que podem ter, simplesmente, resistido à erosão –, mas ela também poderia ter atuado no sentido de resfriamento, através do bloqueio de parte da radiação solar. Quanto à umidade, as condições parecem ter sido de uma maior aridez, ou de maior disseminação de climas áridos¹⁰.

No final do pré-cambriano, mais exatamente entre 950 e 615 milhões de anos atrás, temos registros de outro importante período glacial em todos os continentes (exceção feita à Antártida), ainda que haja controvérsias sobre sua duração, áreas atingidas e causas. Este período apresenta algumas vantagens de estudo em comparação aos anteriores, pois existe uma maior quantidade de rochas sedimentares acessíveis, não erodidas e mais parecidas com períodos posteriores; além disso, a química da atmosfera aproxima-se mais da atual. Certamente não foi uma glaciação única, mas sim episódica, pois em todos os continentes podemos encontrar estratos não-glaciais ao longo desse período, o que indica que a glaciação não foi contínua nem afetou todo o globo ao mesmo tempo. Williams propõe três eventos glaciais com as seguintes datações, em ordem decrescente: *grupo I* – 615 ± 40 milhões de anos atrás; *grupo II* – 770^{+50}_{-30} milhões de anos atrás e *grupo III* – 940^{+60}_{-90} milhões de anos atrás. A observação do mapa abaixo sugere que não deve ter havido uma cobertura de gelo contínua em todas as épocas¹¹.

⁹ Frakes (1979), p. 48.

¹⁰ Frakes (1979), p. 50.

¹¹ Williams (1975), citado por Frakes (1979), p. 57.

Figura 17 – Distribuição global dos principais centros glaciais do final do pré-cambriano, segundo a configuração atual dos continentes, e os intervalos (I, II e III) de ocorrência. A letra A indica presença de glaciais nos três intervalos (Frakes, 1979, p. 88)

Diversos estudos sugerem a ocorrência de glaciações em paleolatitudes baixas e médias, o que permite especular sobre as causas. A hipótese de Williams (citada por Frakes) é a de uma alta obliquidade da eclíptica, de mais de 54° , o que permitia alta insolação próximo aos pólos e baixa insolação próxima ao equador. Outras hipóteses envolvem a duração do ano cósmico, já discutida. Entre as hipóteses terrestres, Frakes cita a orogênese e uma extrema continentalidade, enquanto que outros fatores, como atividade vulcânica e deposição de carbonatos, são para o autor ainda controversas. Ele prefere falar em uma multiplicidade de causas, como a elevada obliquidade associada à deriva continental, que poderia explicar as variações na idade dos depósitos glaciais, por conta dos diferentes momentos de chegada dos continentes às latitudes glaciais¹².

6.2 Paleozóico

Os estudos de paleoclimatologia com base em rochas permitem detectar tendências climáticas apenas em períodos muito longos. Quanto a isso, os estudos sobre

¹² Frakes (1979), p. 93-95.

o paleozóico contam com um facilitador: o advento dos registros fósseis de fauna e flora, que permitem um maior grau de detalhamento das variabilidades¹³.

De maneira geral, a tendência do paleozóico é de um relativo aquecimento no início, marcando o fim das glaciações do final do pré-cambriano, em direção a um intervalo glacial no final desta era. Parecem ter ocorrido nele quatro glaciações, grosso modo, intensificando-se conforme o tempo passa. Não foi, porém, uma tendência linear, haja vista a ocorrência de períodos de aquecimento e resfriamento¹⁴.

As evidências faunísticas sugerem que a maior parte do cambriano foi um período de transgressões marinhas e de relativa liberdade para migrações, evidenciando aquecimento. São muito escassas as evidências de glaciações durante esse período, possivelmente apenas depósitos de rochas no noroeste da África. Já o ordoviciano foi um período de maior irregularidade, marcado por transgressões e regressões marinhas. Entre o final do ordoviciano e o início do siluriano temos evidências de um período glacial em vários continentes, porém mais claras na África. Frakes afirma que é a primeira vez na história geológica que a formação de uma capa de gelo sobre o norte da África pode ser sem dúvida atribuída ao posicionamento polar do continente, sendo pouco provável que outros fatores mais importantes tenham entrado em cena¹⁵.

O início do siluriano é marcado por transgressões marinhas que denotam o degelo dos glaciares africanos, sugerindo climas quentes, porém mais secos. Essa tendência ao ressecamento viria a se acentuar ao longo do devoniano, quando são escassos os depósitos de carvão e bauxita, típicos de períodos úmidos. Este é considerado um período de climas quentes, e os momentos considerados glaciais são mal documentados e pouco convincentes. Quando examinamos fauna e flora, encontramos nesse período uma marcante provincialidade, sugerindo um forte zoneamento global dos climas. No final do devoniano, essa provincialidade cede lugar a faunas cosmopolitas, evidenciando um zoneamento climático menos marcante¹⁶.

O carbonífero é o período de máximo desenvolvimento das jazidas de carvão; elas são encontradas desde o equador até aproximadamente a latitude 80°, mas ocorre uma assimetria entre os hemisférios: na Europa e na América do Norte, o auge do desenvolvimento do carvão se dá na segunda metade do carbonífero, enquanto no hemisfério sul esse auge se encontra no permiano. Tais reservas indicam tanto elevada

¹³ Frakes (1979), p. 97.

¹⁴ Frakes (1979), p. 103.

¹⁵ Frakes (1979), p. 106; 119-120; 126.

¹⁶ Frakes (1979), p. 109; 128.

precipitação quanto fraca drenagem, bem como condições adequadas de crescimento e preservação de plantas. A causa dessa elevada umidade, de acordo com Frakes, seria a configuração dos continentes e oceanos. Seria um período em que grandes porções da zona equatorial estavam cobertas por oceanos, o que permitia maiores aquecimento e umidade. O autor afirma ainda que períodos muito úmidos costumam preceder as glaciações, se o transporte dessa umidade em direção aos pólos for eficiente¹⁷.

O permiano, de acordo com as evidências geológicas, parece ter sido um período muito variável. A maior parte dos continentes do hemisfério norte esteve posicionada em baixas latitudes, desfavorecendo a formação de glaciares, com exceção do nordeste da Sibéria. A Gondwana, por seu turno, esteve posicionada no pólo, o que proporcionou a formação de depósitos glaciares em todos os seus continentes constituintes¹⁸.

Antes mesmo do advento do paleomagnetismo, que auxilia a descoberta dos antigos posicionamentos dos continentes, Köppen e Wegener já especulavam que a glaciação na Gondwana poderia ser explicada pelo posicionamento polar do supercontinente. A datação dos depósitos glaciares desta era denota que as glaciações mais antigas ocorreram na América do Sul (Argentina e Bolívia) e as mais recentes no leste da Austrália, sugerindo um deslocamento da Gondwana de oeste para leste sobre o pólo. Os diferentes posicionamentos teriam, assim, proporcionado glaciações localizadas em diferentes épocas. É claro que essa correlação não é perfeita, pois também outros fatores podem determinar a extensão e durabilidade das massas de gelo, como a disponibilidade de umidade, temperaturas médias e ventos predominantes. Frakes não acredita que seja necessário evocar um fator mais importante do que o posicionamento dos continentes para explicar as glaciações do paleozóico, e aceita o modelo do deslocamento da Gondwana de oeste para leste, com variáveis menores atuando para produzir efeitos locais¹⁹.

6.3 Mesozóico

¹⁷ Frakes (1979), p. 110-111.

¹⁸ Frakes (1979), p. 113; 129.

¹⁹ Frakes (1979), p. 150-153.

A tendência geral do período mesozóico é de climas quentes e secos sobre grandes extensões do globo²⁰.

O período triássico assistiu à formação da maior parte dos evaporitos da história do planeta, notadamente na faixa entre 10° e 40° de latitude em ambos os hemisférios, sugerindo climas muito secos nessa faixa. Como as atuais faixas desérticas do globo estão relacionadas a zonas anticiclônicas, deve ter havido um deslocamento destas de pelo menos 5° (alguns autores sugerem valores maiores) em direção aos pólos. Tal deslocamento significou também um transporte de energia mais eficiente para latitudes mais altas; as latitudes 60° tinham temperaturas semelhantes às da zona equatorial. Os recifes de corais estenderam-se até a latitude 35°N, mais alta do que os limites atuais, sugerindo um aquecimento das águas oceânicas. Fósseis de invertebrados e vegetais adaptados a climas quentes estiveram largamente disseminados. O triássico, então, foi um período quente e talvez o mais árido da história do planeta²¹.

O triássico foi marcado também por uma drástica redução da biodiversidade do planeta. Newell sugere que talvez metade das espécies viventes no permiano não sobreviveu ao triássico. O marcado zoneamento climático, típico de períodos mais frios, proporcionava o estabelecimento de províncias de fauna e flora, mas tais contrastes foram uniformizados nas altas temperaturas do triássico, diminuindo assim o número de espécies de clima frio. Entretanto, as maiores perdas de biodiversidade se deram no mar: uma importante regressão marinha no início do triássico destruiu ecossistemas litorâneos, onde vivia a maior parte dos animais de então, notadamente invertebrados²².

Assim como o triássico, o jurássico foi um período quente, do qual não são conhecidos registros de glaciações. O início do jurássico seguiu uma leve tendência de resfriamento e umidade iniciada no final do triássico, para em seguida retornar a um estado de temperaturas elevadas e forte aridez, atestada pela continuidade da formação de evaporitos sobre grandes extensões do planeta. A elevada evaporação nas zonas abaixo de 45° forneceu umidade para latitudes mais altas (até 70°), testemunhada pela formação de jazidas de carvão. A formação de bauxita numa estreita faixa em torno do equador sugere pluviosidade nessa região. Os recifes de corais estenderam-se até as

²⁰ Frakes (1979), p. 155.

²¹ Frakes (1979), p. 156-160.

²² Newell (1973), citado por Frakes (1979), p. 158.

latitudes 30°, o que pode denotar tanto temperaturas um pouco menos elevadas que no triássico, como a atuação de outros elementos restritivos²³.

O período cretáceo fornece-nos maiores evidências geológicas e biológicas para o estudo dos climas, especialmente relacionadas à aceleração da fragmentação dos continentes – é durante o cretáceo que se inicia a abertura do Atlântico, com a separação entre a América do sul e a África –, formando um novo fundo oceânico que foi recebendo sedimentos, estando muitas dessas áreas ainda preservadas. Há muita discordância quanto aos detalhes da evolução da temperatura no período, especialmente para o Pacífico, que Frakes atribui tanto ao fato de estes dados terem sido gerados no início das datações por O¹⁸ quanto a variações climáticas locais²⁴.

Assume-se que, de maneira geral, o cretáceo segue uma tendência de lento aquecimento até a metade do período, seguindo-se um lento resfriamento. As águas do fundo oceânico atingiram um pico de 17°C, baixando a 11°C no final desse período. Podemos ter uma idéia da magnitude do aquecimento desse período comparando-o com as temperaturas atuais do fundo oceânico, que zona equatorial variam entre 0°C e 10°C. As correntes oceânicas atuais, que se movem no sentido leste-oeste no equador, aquecendo-se ao longo do trajeto, apresentam hoje uma temperatura de 21°C no lado leste e 27°C no lado oeste. No médio cretáceo, porém, esses valores possivelmente estiveram aumentados em 7°C. Já no final desse período, estiveram 2°C mais baixas que as atuais. Com exceção do devoniano, a extensão dos recifes de corais do cretáceo é a maior de todo o fanerozóico, estendendo-se além dos 30° de latitude nos dois hemisférios. Ocorrem bauxitas e carvão na Europa ocidental, denotando umidade, e fosforitos no Brasil e na Síria, apontando zonas de ressurgência²⁵.

Ao final do mesozóico, os climas do planeta começaram a entrar em lenta deterioração, alternando períodos quentes e frios, em direção às glaciações do final do cenozóico.

6.4 Cenozóico

²³ Frakes (1979), p. 160; 163.

²⁴ Frakes (1979), p. 168.

²⁵ Frakes (1979), p. 169-171; 177-178.

Na primeira metade do terciário – paleoceno, eoceno e oligoceno –, o nível dos mares esteve quase 100 metros mais alto que o atual e os continentes estavam posicionados mais próximo aos pólos – algo em torno de 10° para o hemisfério sul e 15° para o hemisfério norte. É momento de intenso vulcanismo e da construção das Montanhas Rochosas, Andes e Alpes, bem como de extensas planícies, acompanhada da expansão do Atlântico e do Índico. Muito embora estes representem importantes fatores para o início de uma glaciação, é somente no final do oligoceno que eles surtem efeito²⁶.

Análises de isótopos de oxigênio revelam que os oceanos estiveram mais aquecidos que os atuais, apesar de mais frios do que no cretáceo. O gradiente de temperatura equador-pólo das águas profundas esteve entre 4 e 6°C, ou seja, havia uma melhor distribuição de energia, pois o gradiente atual é de 12°C. O Pacífico não era tão estratificado, implicando numa fraca circulação vertical²⁷.

O estudo de registros fósseis marinhos do paleoceno não é uma fonte segura, pois boa parte deles é o resultado das extinções em massa do final do cretáceo; nos continentes, eles são mais confiáveis. A flora do Alasca no paleoceno continha gêneros hoje típicos das baixas latitudes e formatos de folhas característicos de climas quentes e úmidos; no entanto, esse período registra baixas taxas de sedimentação oceânica, evidenciando um fraco intemperismo e escoamento no continente. Durante o paleoceno e o eoceno, é comum a formação de depósitos lateríticos e de bauxita, que demandam ou climas úmidos o ano todo ou alternância de estações secas e chuvosas, pelo menos até a latitude 45° nos dois hemisférios²⁸.

O alto eoceno assiste à abertura do Atlântico norte, através da separação entre a Groenlândia e a Escandinávia, o que permitiu incursões da água do Ártico, gerando assim uma camada de águas profundas e conseqüentemente uma maior estratificação oceânica²⁹. Ocorre um “optimum” no Eoceno, entre 53 e 52 milhões de anos atrás, evidenciado pelas elevadas temperaturas oceânicas – as águas profundas não baixavam além dos 10°C – 13°C. As altas latitudes não tinham cobertura de gelo e, na maioria dos desertos modernos, a precipitação anual atingia entre 700 e 900 mm³⁰. Diversas localidades – América do norte, Europa ocidental, Japão, Nova Zelândia, sul da Austrália e Antártida apresentaram então floras de climas mais quentes e úmidos do que

²⁶ Frakes (1979), p. 190.

²⁷ Frakes (1979), p. 190-191.

²⁸ Frakes (1979), p. 200-203; 206-207.

²⁹ Frakes (1979), p. 201.

³⁰ Zubakov; Borzenkova (1990), p. 348.

suas latitudes de então, comparadas às atuais, permitiriam. A sedimentação no fundo oceânico nesse período é semelhante à atual.

A baixa de temperatura média do planeta entre o médio eoceno e o alto oligoceno é a mais drástica de todo o cenozóico, e uma das razões para isso é o início da abertura do estreito de Drake e da Tasmânia, que permitiram a formação de uma corrente circumpolar, isolando a Antártida termicamente e permitindo a formação de glaciares e águas profundas frias³¹. O estudo da flora do Alasca aponta que no início do oligoceno ocorreu uma diminuição da temperatura local de pelo menos 7°C em 3 milhões de anos e uma redução da precipitação de 500 para 75 milímetros anuais. Os depósitos lateríticos e a bauxita neste período são menos comuns nas latitudes médias e a sedimentação oceânica, assim como no paleoceno, é reduzida.³²

Entre 21 e 15 milhões de anos atrás, ocorre a colisão entre as placas africana e euro-asiática. A atividade orogênica se fortalece e os climas do Mediterrâneo e da Ásia central se tornam mais continentais. Este período corresponde a um “optimum” do mioceno, apresentando uma tendência significativa de aquecimento oceânico, entre 3°C e 5°C nas águas superficiais no Equador e entre 2°C e 3°C nas águas profundas na Antártida. Somando-se a isso a evidência de uma transgressão marinha de no mínimo 25 metros no médio mioceno (17-13 milhões de anos atrás), pode-se sugerir um degelo de pelo menos um terço dos glaciares antárticos. Entre outras evidências, podemos citar as camadas inferiores de zonas de carvão no Reno, datadas desse período, que incluem fósseis de plantas dos subtrópicos úmidos e de florestas tropicais; fósseis de animais marinhos típicos de regiões tropicais no Japão; e a flora de então no sul do Alasca, semelhante à da ilha de Hokkaido atualmente, onde as médias térmicas anuais estão entre 6°C e 7°C, atingindo 20°C no verão. De maneira geral, os biomas florestais ficaram mais concentrados e os desertos africanos e arábicos parecem ter sido cobertos por savana seca. Zubakov e Borzenkova afirmam que o optimum climático do mioceno, mais especificamente entre 17,2 e 16,5 milhões de anos atrás, quando as concentrações de dióxido de carbono estiveram entre três e quatro vezes acima dos níveis de hoje, não deve ser tomado como um exemplo do que acontecerá ao planeta no século XXI, caso as concentrações de dióxido de carbono na atmosfera tripliquem, pois estamos falando

³¹ Frakes (1979), p. 192; 200.

³² Frakes (1979), p. 200; 203; 207.

de uma Terra com orografia e circulações atmosférica e oceânica completamente diferentes das atuais³³.

O final do médio e o baixo mioceno, entre 15,3 e 7,8 milhões de anos atrás, foi um período de flutuações climáticas, podendo ser identificadas três ondas de aquecimento entremeadas por três ondas de resfriamento, estas dominantes. A amplitude das variações de temperatura da superfície do mar no equador atinge 2°C a 3°C, enquanto que para as águas profundas esse valor sobe para 4°C a 5°C, em ciclos que podiam durar de 100 a 200 mil anos ou 1000 a 2000 anos. Novamente, tal resfriamento é atribuído à formação da corrente circumpolar antártica. Nos continentes, as ondas de aquecimento e resfriamento são bem marcadas por migrações florísticas e faunísticas em diversas partes do mundo³⁴.

A primeira parte do plioceno, entre 7,15 e 4,7 milhões de anos atrás, é marcada por um máximo glacial no lado leste da Antártida e um avanço glacial no lado oeste. Estima-se que o volume de gelo antártico de então tenha sido entre 50 e 100% maior que o atual. Talvez esteja relacionado a este avanço glacial o fato de o Mediterrâneo ter se tornado um mar interior nesta época, devido ao fechamento do estreito de Gibraltar, possivelmente devido a uma redução do nível do mar, bem como a movimentos tectônicos³⁵. Já entre 4,7 e 3,65 milhões de anos atrás, as temperaturas das águas superficiais entre as latitudes 57° e 69°, próximo ao continente antártico, eram entre 7°C e 10°C mais elevadas que as atuais; é o maior aquecimento dos últimos 7 milhões de anos, marcado por tipos diferenciados de solos, disseminação de espécies vegetais e elevação do nível dos mares, cujas estimativas variam entre 28 e 60 metros segundo os diferentes autores, e que causou a abertura do estreito de Bering. O Atlântico norte deve ter sofrido um aquecimento especial, devido à elevação do istmo do Panamá e uma intensificação da corrente do Golfo. Com relação à umidade, sua distribuição não parece ter sido uniforme, porém as quantidades totais eram maiores que as atuais³⁶.

O baixo plioceno, entre 3,65 e 1 milhão de anos atrás, inicia-se com avanços glaciais pronunciados no hemisfério norte, que formaram capas de gelo sobre a América do norte, a Groenlândia, a Islândia e o Ártico, e fizeram avançar as geleiras dos Alpes, Cáucaso e Pamir praticamente até seus sopés. Como hipóteses para esse resfriamento, Zubakov e Borzenkova citam o isolamento da bacia do Ártico em relação ao Atlântico

³³ Zubakov; Borzenkova (1990), p. 337; 342-343; 349.

³⁴ Zubakov; Borzenkova (1990), p. 344-345.

³⁵ Frakes (1979), p. 228.

³⁶ Zubakov; Borzenkova (1990), p. 387-391.

pela dorsal Faeroes-Groenlândia, e o restabelecimento temporário do estreito do Panamá, que teria enfraquecido a corrente do Golfo. A partir de 2 milhões de anos atrás, inicia-se uma época de instabilidades, pendendo para o aquecimento: na Europa ocidental, as temperaturas médias de inverno estiveram de 1°C e 2°C acima das atuais, enquanto para a Europa oriental estes valores estão entre 5°C e 10°C. As temperaturas de verão eram semelhantes às atuais, e a precipitação parece ter sido mais intensa. Ao final do período, a tendência parece ter sido de um novo resfriamento, em direção ao pleistoceno³⁷.

Os aspectos mais marcantes do pleistoceno são suas glaciações, que afetaram todo o planeta. Capas de gelo avançaram sobre os continentes, as geleiras das montanhas se expandiram e os icebergs tornaram-se mais abundantes. Podemos notar evidências dessas glaciações até mesmo nas baixas latitudes, como alterações na proporção de isótopos de oxigênio, alterações no nível do mar, desvios biogeográficos e mudanças nas latitudes dos desertos. Os principais métodos de estudos de paleoclimatologia para o período são as determinações bioestratigráficas, que empregam evidências sedimentológicas e fósseis de vegetais e mamíferos³⁸.

Nas regiões mais estudadas – América do norte, Alpes e Europa central – são comumente discernidos quatro períodos glaciais, divisão esta que contém certos elementos de arbitrariedade, pois cada um destes períodos glaciais apresenta pelo menos dois nítidos momentos de avanços e recuos. Em geral, assume-se a ocorrência de uma sincronicidade dessas glaciações pelo globo, tentando-se estabelecer correlações entre elas, expostas no quadro a seguir. Entretanto, essas correlações não são um consenso, havendo autores que não as fazem ou adotam correlações diferenciadas³⁹.

Época (milhões de anos atrás)	Nome americano	Nome alpino	Nome centro-europeu
1,6 - 1,3 (glacial)	Nebraskan	Günz	Menap
1,3 - 1 (interglacial)	Aftonian	G/M	Cromer
1 - 0,7 (glacial)	Kansan	Mindel	Elster
0,7 - 0,55 (interglacial)	Yarmouth	M/R	Holstein
0,55 - 0,4 (glacial)	Illioian	Riss	Saale
0,4 - 0,08 (interglacial)	Sangamon	R/W	Eem
0,08 - 0,01 (glacial)	Wisconsin	Würm	Weichsel

Tabela 1 – Correlações entre as glaciações do pleistoceno (com base em Frakes, 1979)

³⁷ Zubakov; Borzenkova (1990), p. 391-394.

³⁸ Frakes (1979), p. 236; 239.

³⁹ Frakes (1979), p. 238.

Tanto Frakes como Zubakov e Borzenkova acreditam que as glaciações do pleistoceno apresentam uma ciclicidade governada pelas oscilações orbitais – os ciclos de Milankovitch – que regulam as quantidades de radiação solar que atinge o planeta. Muito embora já existissem, foi somente após uma tendência geral de resfriamento de 100 milhões de anos, desde meados do cretáceo, ter tornado o sistema atmosfera-oceano suficientemente frio que essas pequenas oscilações puderam surtir efeito⁴⁰.

De maneira geral, acredita-se que as glaciações foram progressivamente menos intensas em direção ao presente, visto que as frentes glaciais avançam cada vez menos em direção às latitudes mais baixas. Os dados europeus apontam que o pleistoceno deve ter assistido a um decréscimo total de 3 a 4°C ao longo do período, e a pluviosidade durante as glaciações parece ter sido reduzida. Ocorrem assimetrias entre as regiões atingidas, o que lança mais uma dificuldade no estabelecimento de correlações entre elas: enquanto na Europa ocidental as geleiras avançaram até a latitude 50°, na Sibéria não avançou além dos 62°. As glaciações mais intensas também são assimétricas: nos Alpes, o maior avanço se dá na glaciação Riss; na Europa central, na glaciação Elster; na América do norte, são as glaciações Kansan e Illinoian; e no sul dos Andes esse máximo se dá entre 1,2 e 1 milhão de anos atrás, sem nomenclatura mencionada⁴¹.

Os estágios interglaciais ficam progressivamente mais curtos, registram pequenas flutuações e assistem a um progressivo resfriamento, cada um sofrendo uma redução de temperatura entre 0,5 e 1°C em relação ao anterior: na América do norte, os dois primeiros interglaciais tiveram temperaturas superiores às atuais, enquanto o último já se aproxima bastante do presente. Seus totais pluviométricos também parecem ter sido semelhantes aos atuais⁴². É auxiliada pelas flutuações de temperatura do interglacial Günz-Mindel que ocorre a migração do *Homo erectus* da África para a Ásia e a Europa⁴³.

O último máximo glacial ocorreu há 18 mil anos, a partir do qual as geleiras começaram a recuar, atingindo as feições atuais – restritas às altas latitudes e cadeias montanhosas – aproximadamente há 10 mil anos, apontando no sentido de aquecimento característico do holoceno. Não foi uma deglaciação sincrônica nem de mesma

⁴⁰ Frakes (1979), p. 239.

⁴¹ Frakes (1979), p. 238; 242-245.

⁴² Frakes (1979), p. 249.

⁴³ Zubakov; Borzenkova (1990), p. 212.

intensidade nas diferentes áreas atingidas⁴⁴. O estágio compreendido entre 16 e 9 mil anos atrás, chamado *anathermal*, alterna ciclos de aquecimento, de duração aproximada de 600 anos, cujas temperaturas se aproximam das atuais, e ciclos mais curtos de aquecimento, com avanços glaciais. A tendência inicial, no sub-estágio pré-Dryas⁴⁵, é de aquecimento, ocorrendo avanços de ecossistemas em direção a latitudes mais altas, degelo de glaciais e elevação do nível do mar. O sub-estágio seguinte, chamado Dryas, entre 13300 e 10300 anos atrás, registrou seqüências de resfriamento no continente e no oceano entre 6°C e 7°C (com variações locais), comparáveis às da glaciação Würm. No sub-estágio seguinte, chamado pré-boreal, a temperatura começa a subir rapidamente nas altas latitudes, entre 5°C e 6°C em menos de 400 anos, até atingir níveis próximos aos atuais⁴⁶.

O estágio compreendido entre 9000 e 5300 anos atrás, chamado de *megathermal*, subdivide-se em boreal e atlântico, e de maneira geral apresentou temperaturas de verão entre 2°C e 3°C acima das atuais nas médias e altas latitudes. Este período é comumente referido como o “optimum climático do holoceno”, nomenclatura que Zubakov e Borzenkova, assim como outros, consideram incerta, pois esse optimum pode ser entendido tanto como o megathermal inteiro, quanto seu ponto culminante, no final do período atlântico, quando temos os mais altos níveis do mar (entre 0,5 e 1 metro acima do atual) e a maior expansão de corais no Pacífico dos últimos 20000 anos. Os autores consideram “optimuns” o início do boreal (9000-8700 anos atrás), quando, ao invés de glaciares, a Escandinávia possuía florestas temperadas e, no hemisfério sul, registra-se o maior aquecimento do holoceno, entre 4°C e 5°C acima das temperaturas atuais no Chile e na Nova Zelândia; e o final do período atlântico (6200-5300 anos atrás), para o qual eles fornecem um mapa da vegetação da ex-URSS e Europa oriental, com o intuito de demonstrar os deslocamentos de ecossistemas⁴⁷.

Ocorreram deslocamentos para o norte de 200 a 300 km das florestas do nordeste da ex-URSS, de 400 a 500 km da tundra florestal na Ásia central e de 400 a 500 km da taiga na Sibéria ocidental. Deslocamentos semelhantes também ocorreram na América e na África⁴⁸.

⁴⁴ Frakes (1979), p. 249.

⁴⁵ Nomenclatura escandinava.

⁴⁶ Zubakov; Borzenkova (1990), p. 256-260.

⁴⁷ Zubakov; Borzenkova (1990), p. 260-262.

⁴⁸ Zubakov; Borzenkova (1990), p. 262.

Figura 18 – Paisagens da ex-URSS entre 6000 e 5000 anos atrás (Zubakov; Borzenkova, 1990, p. 264)
 1- tundra típica; 2- tundra florestal, tundra montana e vegetação arbustiva; 4- taiga do norte; 5- taiga média; 6- floresta de coníferas montana escura; 7- taiga do sul; 8- subtaiga latifoliada/coníferas; 9- floresta latifoliada; 10- floresta/estepe; 11- semideserto; 12- deserto. Limites atuais: 13- limite sul da tundra típica; 14- limite sul da taiga do norte; 15- limite norte da floresta latifoliada; 16- limite norte do semideserto.

A tabela abaixo mostra os desvios de temperatura entre o final do período atlântico e as atuais (média global = 1°C). Notemos que, quanto maior a latitude, maior é esse desvio, e que ocorre mesmo um decréscimo nas latitudes mais baixas. As altas latitudes são as mais sensíveis a mudanças nos elementos climáticos, por isso são as mais representativas para revelar tendências de mudanças de temperatura⁴⁹.

latitude	70-80°	60-70°	60-50°	40-50°	30-40°	20-30°
temperatura	4°C	3°C	1,7°C	1°C	0,3°C	-0,2°C

Tabela 2 – Diferenças de temperaturas médias de verão (julho e agosto) entre o final do optimum do período atlântico (6200 a 5300 anos atrás) e as atuais por latitude (Zubakov; Borzenkova, 1990, p. 267)

O estágio seguinte, *cataternal*, de 5300 anos até o presente, abarca dois sub-estágios, sub-boreal (5300-2500 anos atrás) e “neoglacial” subatlântico (2500 anos até o presente), caracterizados por uma marcante variabilidade climática, que analisaremos em maior detalhe⁵⁰.

Em se tratando das causas das flutuações climáticas observadas após o fim da última glaciação, Zubakov e Borzenkova afirmam que variações na quantidade de radiação solar recebida pelo planeta devido a fatores astronômicos, embora possam ter seu papel, não são suficientes para explicar as mudanças de temperatura, pois alguns períodos de alta radiação solar (citam Berger, 1978) coincidiram com os episódios Dryas. Os autores localizam correlações entre as quantidades atmosféricas de dióxido de carbono – cujo aumento conduz a aquecimento –, a atividade vulcânica – cujo aumento conduz ao resfriamento – e as temperaturas predominantes, para finalmente concluir que o clima desse período é o complexo resultado da interação entre:

- a) flutuações nas quantidades de radiação solar recebida, resultante de fatores astronômicos ou internos, como variações na transparência atmosférica devido a erupções vulcânicas;
- b) variações naturais nas quantidades de dióxido de carbono atmosférico; e
- c) variações no albedo do sistema Terra por conta de mudanças em áreas de glaciares, desertos e florestas⁵¹.

⁴⁹ Zubakov; Borzenkova (1990), p. 267.

⁵⁰ Zubakov; Borzenkova (1990), p. 267.

⁵¹ Zubakov; Borzenkova (1990), p. 269-274.

6.5 O período histórico

O período que se segue ao fim da última glaciação, entre 5000 e 3000 a.C. aproximadamente, é conhecido como “período atlântico”, por conta de sua associação com uma grande prevalência da circulação de oeste nas latitudes médias e sub-árticas. De maneira geral, foi um período estável e quente; a temperatura esteve 2°C mais elevada que a média atual na Europa, e é provável que esta tendência tenha se dado no restante do mundo. Os verões eram quentes e os invernos amenos, e o cinturão de tempestades esteve deslocado para latitudes muito mais altas⁵².

O fim da idade do gelo provocou grandes mudanças nas paisagens, como o derretimento do gelo das montanhas, o desaparecimento ou redução de nível e área de lagos, o deslocamento de ecossistemas em latitude e em altitude e, o mais importante, a subida do nível dos mares, por conta do fluxo de gelo derretido para o oceano. A tendência de elevação do nível dos mares iniciou-se antes de 15000 a.C., logo que as geleiras começaram a recuar. As fases de subida mais acelerada se deram em torno de 8000 a.C. e 5000 a.C., até uma certa estabilização a partir de 2000 a.C. . Lamb reporta que datam do século XX a.C. as primeiras tentativas, pelos faraós, de construir o que hoje é o canal de Suez, facilitado pelo nível mais alto do mar. Esta elevação certamente provocou mudanças drásticas na vida das populações de então: boa parte delas vivia próximo ao mar, possivelmente devido às melhores oportunidades de pesca em estuários e obtenção de sal para conservar alimentos. A subida do nível dos mares pode ter reduzido bastante o número de seres humanos viventes, um evento que pode ter inspirado antigos mitos sobre grandes inundações⁵³.

Pode-se imaginar que até mesmo as elevações mais velozes, algumas vezes atingindo cinco metros por século, deram-se de maneira gradual e, por isso, não devem ter causado grandes catástrofes, o que pode ser um engano, como atestam fontes obtidas em terras baixas no entorno do mar do Norte. Nos últimos mil anos, verificou-se que o recuo dos litorais muitas vezes não se dá de maneira gradual, mas com avanços

⁵² Lamb (1995), p. 129.

⁵³ Lamb (1995), p. 114-115; 126.

repentinos do mar em épocas de grandes tempestades que coincidem com marés excepcionalmente elevadas⁵⁴.

Pinturas rupestres encontradas em diversos pontos do Saara, datadas de 6000 a 5000 a.C., ilustrando grandes animais, atestam que aquela região foi bem mais úmida, para sustentar tais formas de vida. Estima-se que o cinturão de altas pressões subtropicais estivesse deslocado para a latitude 40°N, o que permitia a chegada de ventos úmidos ao que hoje é uma faixa desértica. Não eram incomuns períodos de grandes tempestades seguidas por enchentes, conforme atestam registros arqueológicos em Ur, Kish e Nínive, e que podem ter inspirado o mito bíblico de Noé⁵⁵.

A região do Saara tornou-se seca entre 3500 e 2800 a.C., juntamente com outros grandes desertos no Oriente Médio, na Índia e na China, o que pode ser um fator de desenvolvimento das civilizações da antiguidade em torno dos rios Nilo, Tigre, Eufrates e Indo. Como as pastagens, áreas de caça e terrenos agrícolas tornaram-se mais escassos, as populações tiveram que se organizar próximo aos grandes rios, que ofereciam mais facilidades para a sobrevivência⁵⁶.

A deterioração climática desse momento, que se estende aproximadamente até o primeiro milênio antes de Cristo, é denominada “período sub-boreal”, e caracterizou-se por uma grande variabilidade das condições climáticas, alternando períodos de avanços glaciais com períodos de temperaturas mais elevadas; quanto à umidade, a tendência geral foi de ressecamento. As dificuldades impostas aos seres humanos por essa deterioração foram notórias. Diversos povos antigos possuem lendas sobre uma idade de ouro, com freqüente referência a uma paisagem paradisíaca que foi perdida ou transformada, trazendo dificuldades para a vida desses povos, ou mesmo seu declínio. A mais conhecida dessas lendas é relatada no livro do Gênesis, sobre o jardim do Éden. É importante ressaltar que, assim como esses mitos não são todos contemporâneos, essa deterioração climática (assim como qualquer tipo de mudança climática) não ocorreu com a mesma intensidade em todas as partes do mundo ao mesmo tempo⁵⁷.

Em geral, houve uma leve tendência ao resfriamento, porém com uma marcada variabilidade; houve momentos de abrupto aquecimento alternados com avanços glaciais por vezes curtos ou incompletos. Entre 3500 e 500 a.C., no centro da Europa, as temperaturas médias parecem ter variado 2°C ou mais. Em latitudes mais altas, como na

⁵⁴ Lamb (1995), p. 116.

⁵⁵ Lamb (1995), p. 122-124; 127-128.

⁵⁶ Lamb (1995), p. 124-125.

⁵⁷ Lamb (1995), p. 129; 139-140.

Escandinávia e no Canadá, essa variabilidade foi maior. Em latitudes mais baixas, também ocorreu um ligeiro resfriamento, porém a principal marca deste período nestas partes do mundo foi a redução da umidade⁵⁸.

Lamb encerra a discussão sobre esse período fazendo uma pequena menção ao fato de que é nesta época que surgem as grandes religiões da humanidade, cuja expansão teria sido facilitada pelas dificuldades impostas às populações pelo meio natural e necessidade de mudanças nos hábitos de vida⁵⁹. Não é de nosso escopo pretender cair aqui numa abordagem determinística; entretanto, é forçoso admitir que o homem sempre teve a tendência de atribuir ao sobrenatural, ao divino, os fenômenos que naquele momento não era capaz de explicar. Já mencionamos aqui as lendas do jardim do Éden e da arca de Noé, possivelmente inspiradas por mudanças climáticas e que, em não sendo compreendidas, foram atribuídas a um castigo divino. Por isso, acreditamos que as condições climáticas dominantes (ou que se acredita que dominem) em uma região em uma época devem exercer algum tipo de influência sobre a formação de uma visão de mundo, especialmente num momento histórico de menor domínio técnico sobre a natureza, quando sua influência era mais notável. Cabe notar que, ainda hoje, essa influência não se anulou; muito se apela à suposta realidade das mudanças climáticas globais atuais como uma prova do poder de Deus, um indício da proximidade do dia do Juízo Final e um castigo pelos pecados cometidos pela humanidade, servindo como argumento auxiliar do chamado à conversão.

O período que corresponde à vigência do império romano trouxe à Europa condições menos severas, com uma tendência ao aquecimento, verões quentes e secos, com rara ocorrência de invernos severos, até cerca de 400 d.C.. O nível do mar subiu até o século I a.C., depois baixou até o século II d.C. para novamente subir até o século IV d.C.. As condições climáticas de então guardavam bastante semelhança com as atuais, mas as temperaturas eram um pouco mais elevadas e sentia-se ainda alguma umidade no norte da África e no Oriente Médio. Como exemplo das facilidades oferecidas pelo clima neste período, Lamb cita a construção, pelos romanos, no início do século II d.C., de uma ponte de madeira com pilastras de pedra sobre o rio Danúbio, nas proximidades da Transilvânia, por onde passava o exército romano. A ponte teve uma vida útil de cerca de 170 anos, mas se tivesse sido construída nos dias atuais, não resistiria a uma

⁵⁸ Lamb (1995), p. 151.

⁵⁹ Lamb (1995), p. 154.

nevasca um pouco mais forte, como as que ocorrem ali hoje, sugerindo que tal fenômeno não deve ter sido recorrente⁶⁰.

Para o interior da Ásia, houve uma clara tendência ao ressecamento no final do império romano, o que pode ter obrigado os povos dessas regiões, com sua subsistência comprometida, a migrar para a Europa, o que constituiu as invasões bárbaras⁶¹.

Nos últimos séculos do primeiro milênio da era cristã, puderam ser sentidas condições mais frias e mais úmidas, havendo relatos de grandes tempestades e inundações, abandono de campos e perda de safras. Essa seqüência de anos mais frios já foi considerada uma excepcionalidade, mas esta visão vem sendo mudada no sentido de considerar-se esse momento como um regime climático individualizado. Nas baixas latitudes, nas regiões polares e possivelmente no Pacífico norte, esta fase mais fria parece não ter ocorrido, tendo o aquecimento registrado na fase anterior continuado por vários séculos, até 1000 ou 1200 d.C.⁶².

O período compreendido entre os séculos XI e XIII é conhecido como “Optimum Climático”. As características desse período podem ser explicadas pela hipótese de um deslocamento do cinturão anticiclônico em direção ao norte, posicionando-se num eixo dos Açores até a Alemanha ou Escandinávia, algo semelhante ao que ocorre hoje em alguns verões. É o momento da construção de grandes catedrais e das expedições das Cruzadas, coincidindo com um claro máximo de temperatura na Europa, aumentando progressivamente até atingir o auge no final desse período. Estima-se que, na Inglaterra, as temperaturas de verão estiveram entre 0,7°C e 1°C mais altas que as do século XX, e na Europa central esses valores estiveram entre 1°C e 1,4°C, o que certamente influenciou a atividade agrícola, posto que as áreas de cultivo sofreram expansão para latitudes mais altas. Parece ter havido preocupação com estiagens nos Alpes, pois foi construído um canal de transporte de água, o Oberriederin, nas proximidades da geleira de Aletsch em direção ao vale abaixo, havendo também outras construções semelhantes⁶³.

No Mediterrâneo, no mar Cáspio e na Ásia central, este período quente foi mais úmido, estando o nível do mar Cáspio oito metros acima do nível atual. Os rios Ermínio e San Leonardo, na Sicília, foram descritos como navegáveis, algo impossível nos dias de hoje, mesmo para os barcos de menor porte daquela época. Foram construídas pontes

⁶⁰ Lamb (1995), p. 157; 159; 165.

⁶¹ Lamb (1995), p. 159-160.

⁶² Lamb (1995), p. 166; 171.

⁶³ Lamb (1995), p. 176; 179-181; 184.

sobre o rio Otero, também na Sicília, de um tamanho maior do que o necessário para o rio atual⁶⁴.

As viagens dos vikings pelo Atlântico norte em direção à Islândia, Groenlândia e América do norte certamente foram auxiliadas por uma retração do gelo do mar e reduzida incidência de tempestades. Também a América do norte parece ter acompanhado a tendência ao aquecimento, com a tundra e os campos das planícies centrais cedendo lugar a uma vegetação de porte arbóreo, mais fechada⁶⁵.

Uma tendência ao resfriamento, porém, posicionou-se sobre a Europa a partir do começo do século XIV. Esta mudança, que pôs fim ao regime quente medieval, parece ter vindo de maneira repentina nos países centrais da Europa, manifestando-se primeiro como uma seqüência de anos muito úmidos na segunda década do século. A partir daí, seguiram-se anos e décadas muito frias, podendo este período ser considerado o mais frio desde o fim da última glaciação. Indo de 1420 a 1850, este período ficou conhecido como “Pequena Idade do Gelo”⁶⁶.

Lamb relata numerosos casos, por toda a Europa, de péssimas colheitas; fome generalizada, ocorrendo até episódios de canibalismo; avanços glaciais; congelamento de rios; abandono dos campos e uma conseqüente migração para as cidades nascentes; migrações inter-regionais; disseminação de doenças; conflitos sociais; decréscimos populacionais; tempestades e inundações⁶⁷.

A umidade manifesta no início da Pequena Idade do Gelo certamente tornou insalubres muitos ambientes e situações, por permitir a proliferação mais rápida de diversas doenças. O fogo de Santo Antônio, doença do canteiro transmitida ao homem por meio do consumo dos grãos contaminados, podia assolar vilas inteiras. Mas a epidemia mais famosa deste momento foi sem dúvida a Peste Negra. Ela parece ter sido originada na China ou na Ásia central, onde a peste bubônica é endêmica, e disseminou-se após grandes tempestades e inundações ocorridas em 1332, que não apenas levaram consigo sete milhões de vidas humanas nos vales fluviais da China, como destruiu habitats de, entre outros animais, os ratos, que então se espalharam. A epidemia atingiu a Europa entre 1348 e 1350, com subseqüentes recorrências, e estima-se que tenha

⁶⁴ Lamb (1995), p. 182;184.

⁶⁵ Lamb (1995), p. 174; 185-186.

⁶⁶ Lamb (1995), p. 195; 212. Essas datas variam entre os autores.

⁶⁷ Lamb (1995), p. 195 ss.

matado mais de um terço da população européia, com consequências óbvias sobre a força de trabalho disponível, colheitas e preços dos produtos⁶⁸.

Muitos campos foram abandonados por conta de invernos muito severos, que produziram péssimas colheitas e trouxeram a fome generalizada. Na Rússia, essa alteração climática parece não ter pendido somente para o resfriamento, mas também para verões muito secos⁶⁹. Com relação ao norte da África e ao Oriente Médio, os escritos dos geógrafos árabes apontam que essa região foi mais úmida entre os séculos XI e XIV, mas com uma tendência a ressecamento a partir de então, evidenciada por uma redução de gado e pastagens. Outra evidência desse ressecamento é a redução, na bacia do lago Chade, da quantidade de pólen da flora de regiões mais úmidas⁷⁰.

A partir do século XVI, os estudos de paleoclimatologia são facilitados pela maior disponibilidade, especificidade e precisão dos documentos, não apenas na Europa, mas também em outras partes do mundo. Além disso, a partir da segunda metade do século XVII, surgem os primeiros registros com instrumentos. A análise dessa documentação disponível aponta para esse período, em todo o mundo, a continuação da tendência ao resfriamento. Entretanto, a primeira metade do século XVI parece romper a tendência geral, registrando algum aquecimento, provavelmente produzido pela relativa frequência de anticiclones sobre as latitudes de 45 a 50°N e ventos de oeste sobre o norte da Europa, enquanto que o século anterior e os seguintes foram marcados por anticiclones a norte da latitude 60°N e ventos de nordeste e sudeste sobre a Europa ao sul dessa latitude. Na Inglaterra, o final do século XVII registrou médias térmicas anuais cerca de 0,9°C mais baixas do que a média do período 1920-1960; tratando-se especificamente da década de 1690, essa diferença eleva-se a 1,5°C⁷¹. O ano de 1816 é chamado na literatura climatológica de “o ano sem verão”, por conta de suas temperaturas excepcionalmente baixas, atribuídas a uma intensa atividade vulcânica ocorrida naquela década, que teria lançado muitos aerossóis na atmosfera. A maior delas ocorreu em 1815, do monte Tambora na ilha de Sumbawa, Indonésia, cuja pluma de gases e poeira parece ter atingido uma altitude de 50 quilômetros⁷².

As dificuldades impostas pela Pequena Idade do Gelo não podem ser atribuídas somente às baixas temperaturas, às quais as pessoas poderiam se adaptar, ainda que com

⁶⁸ Lamb (1995), p. 199-200.

⁶⁹ Lamb (1995), p. 200-201; 207.

⁷⁰ Lamb (1995), p. 207-208.

⁷¹ Lamb (1995), p. 211.

⁷² Hartmann (1994), p. 299; Lamb (1995), p. 274.

alguns efeitos adversos em suas vidas. O que agravava a situação era a grande variabilidade das temperaturas de um ano para outro ou mesmo de uma década para outra, o que colocava evidentes complicações no planejamento agrícola, frustrava expectativas de colheitas, acentuava a fome e obrigava as pessoas a estocar os alimentos disponíveis. Podemos observar essa variabilidade das temperaturas nas tabelas 3 e 4, compiladas e homogeneizadas por Gordon Manley para a Inglaterra central. Notemos como podem ocorrer diferenças extremas dentro de um período de poucos anos⁷³.

Exemplos de temperaturas médias de dezembro, janeiro e fevereiro na Inglaterra central entre 1659 e 1979 (média de inverno do período 1850-1950 = 4°C)													
1683-4	1685-6	1694-5	1733-4	1739-40	1794-5	1795-6	1813-14	1833-4	1868-9	1878-9	1934-5	1962-3	1974-5
-1,2	6,3	0,7	6,1	-0,4	0,5	6,2	0,4	6,5	6,8	0,7	6,1	-0,3	6,3

Tabela 3 – Temperaturas médias de inverno na Inglaterra central entre 1659 e 1979 (adaptado de Lamb, 1995, p. 230)

Exemplos de temperaturas médias de junho, julho e agosto na Inglaterra central entre 1659 e 1979 (média de verão no período 1850-1950 = 15,2°C)														
1666	1674	1675	1676	1694	1695	1698	1719	1725	1762	1781	1812	1816	1823	1826
16,7	13,7	13,7	16,8	13,7	13,2	14	16,7	13,1	16,7	17	13,8	13,4	13,6	17,6

1846	1860	1862	1868	1888	1890	1899	1911	1920	1922	1933	1947	1975	1976
17,1	13,5	13,8	16,9	13,7	14	16,9	17	14	13,7	17	17	16,8	17,5

Tabela 4 – Temperaturas médias de verão na Inglaterra central entre 1659 e 1979 (adaptado de Lamb, 1995, p. 230)

A segunda metade do século XIX não escapou à tendência de anos muito frios – especialmente 1879 –, acompanhados de más colheitas, fome, mortandade e o auge da emigração europeia na década seguinte. Na Índia e na China, estima-se que o número de mortos por fome no final da década de 1870 tenha estado entre 14 e 18 milhões. A última década do século já registra poucos invernos severos, já denotando uma suavização dos rigores da Pequena Idade do Gelo, em direção ao aquecimento característico do século XX⁷⁴.

⁷³ Lamb (1995), p. 229.

⁷⁴ Lamb (1995), p. 254-260.

7. O século XX: o aquecimento global

“Atribuir resultados tão impressionantes e estupendos a fatores tão simples, como correntes oceânicas, ventos, nuvens e vapor aquoso é, no presente, considerado um pouco mais do que absurdo. Dessa forma, são buscadas causas extraordinárias e imponentes, proporcionais aos efeitos”.

(James Croll, *Discussions on Climate and Cosmology*, 1886)

7.1 Histórico da noção de aquecimento global

Muito embora os debates em torno da hipótese do aquecimento global pareçam uma novidade, o interesse e as considerações sobre mudanças climáticas induzidas pelas atividades humanas definitivamente não o são, constituindo difícil tarefa precisar quem foi o pioneiro nessa discussão – podemos recuá-la pelo menos até Teofrasto, aluno de Aristóteles¹. Entretanto, podemos considerar como ponto de partida para o desenvolvimento das idéias modernas sobre o clima a expansão marítima européia, com os inúmeros relatos de colonizadores, exploradores e viajantes. A partir desses relatos, os europeus começaram a descobrir uma infinidade de ambientes naturais, de formas de vida e de sociedades humanas muito diferentes dos até então conhecidos, cabendo pois

¹ Fleming (1998), p. 58.

explicá-los, o que desencadearia algumas tentativas de relacionar deterministicamente o clima e a cultura².

Uma dessas tentativas se deu no início do século XVIII, com a publicação do ensaio de Abbé Jean-Baptiste Du Bos, *Réflexions critiques sur la poësie et sur la peinture*, de 1719. Para o autor, o surgimento de gênios na humanidade era devido menos a “causas morais”, como a educação, e mais a “causas físicas” como a qualidade do ar, do solo e principalmente do clima de uma região. Assim como a diferença das características das nações é atribuída às diferentes qualidades do ar de seus respectivos países, de maneira semelhante as mudanças que ocorrem nos modos e no gênio dos habitantes de um país em particular devem ser atribuídas a alterações na qualidade do ar desse mesmo país. Du Bos estabelecia, dessa forma, uma correlação envolvendo as diferenças culturais existentes entre os diferentes povos e as particularidades climáticas de regiões ou de épocas: assim como as uvas de uma determinada localidade ou ano produziam safras específicas, também os habitantes de uma nação em um dado momento histórico representavam o resultado da qualidade do ar, do solo e do clima dali. E, da mesma forma que a produção de safras muito especiais está estreitamente ligada às condições ambientais, apenas nações e épocas com condições notavelmente favoráveis poderiam gerar civilizações ilustres, como a Grécia de Felipe da Macedônia, a Roma de Augusto e Júlio César, a Itália do século XVI e a França dos séculos XVII e XVIII. O autor também afirmava que o desflorestamento e expansão da agricultura na América do Norte resultariam em rápidas mudanças climáticas e, conseqüentemente, culturais³.

As idéias de Du Bos e seus seguidores dominaram o discurso climático da segunda metade do século XVIII. Entre os autores mais influenciados pelo trabalho de Du Bos, o mais famoso e influente foi o iluminista Montesquieu, autor de *O Espírito das Leis*, de 1748, onde se lê:

“Já observamos que o grande calor debilita a força e coragem dos homens, e que em climas frios eles possuem um certo vigor de corpo e mente que os torna capazes de ações longas, dolorosas, grandiosas e intrépidas... Isso também foi considerado verdadeiro na América; os impérios despóticos do México e Peru estavam próximos da

² Fleming (1998), p. 21.

³ Du Bos certamente não foi o primeiro determinista climático. Entre suas influências, podemos contar Jean Bodin, considerado o pensador mais importante do Renascimento sobre a relação entre a geografia e a cultura, e Sir John Chardin, autor de *Travels in Persia*, de 1680, onde o autor enfatiza a influência do clima sobre os povos daquela região. Fleming (1998), p. 12-15.

Linha, e quase todas as pequenas nações livres estiveram, e ainda estão, próximas aos Pólos”⁴.

David Hume seguiu Du Bos explicitamente no que tange às mudanças climáticas. Em seu ensaio *Of the populousness of ancient nations*, de 1750, o autor atribuía as mudanças climáticas ocorridas na Europa nos dois últimos milênios ao avanço da agricultura e considerava que mudanças semelhantes, porém mais rápidas, estariam ocorrendo também na América do Norte⁵:

“Assumindo, portanto, que esta afirmação [de Du Bos] esteja correta, de que a Europa está se tornando mais quente do que antes, como podemos considerá-la? Basicamente por nenhuma outra maneira que não supor que a terra no presente é muito melhor cultivada, e que os bosques foram retirados, os quais antigamente lançavam uma sombra sobre a terra e impediam os raios solares de penetrarem nela. Nossas colônias do norte da América tornaram-se mais temperadas, na proporção em que os bosques foram derrubados...”⁶.

Os primeiros colonizadores da América do Norte consideraram seu clima mais duro, a atmosfera mais variável e as tempestades mais frequentes e mais violentas que nas mesmas latitudes do Velho Mundo. Hoje sabemos que, de fato, o território norte-americano apresenta eventos meteorológicos e climáticos mais severos do que a imensa maioria das nações do globo; explicar tal “anormalidade” tornou-se um problema crucial para a filosofia natural da época, assim como lidar na vida cotidiana com tais adversidades, que dificultavam as atividades agrícolas e, acreditava-se, diminuía a longevidade e a saúde humana. Aos colonos, porém, custava admitir que o clima da América do Norte, sua nova pátria, era mais insalubre e menos favorecedor do desenvolvimento intelectual que o da velha Europa. Seu patriotismo impulsionava-os a acreditar que o clima da América era ruim, sim, mas estava melhorando graças à derrubada das florestas que, conforme afirmou Benjamin Franklin em 1763, permitia que mais energia penetrasse na terra e derreteria as neves mais rapidamente (embora ainda fossem necessários muitos anos de observações para se extrair alguma conclusão). Outros autores, como Samuel Williams, François Volney e Thomas Jefferson (veja-se a

⁴ Montesquieu (1748), citado por Fleming (1998), p. 16. No entanto, diferentemente de Du Bos, Montesquieu atribuía mais importância às causas morais do que as causas físicas para a formação do caráter humano.

⁵ Fleming (1998), p. 17-18.

⁶ Fleming (1998), p. 18.

epígrafe do capítulo 6 deste trabalho), iam pelo mesmo caminho, exaltando as maravilhosas melhorias provocadas no clima norte-americano em consequência da substituição das matas por campos agrícolas. Hugh Williamson, de Harvard, dizia que o efeito de todas essas mudanças ambientais provocadas pelo homem seria um clima temperado que atuaria como uma verdadeira incubadora de gênios, aprendizes, indústrias e artes liberais. Tais circunstâncias, combinadas a um elevado grau de liberdade civil, capacitariam a civilização norte-americana a ser favoravelmente comparada às repúblicas gregas ou qualquer outra grande civilização de que se tenha registro⁷.

Inspirado pela sugestão de Franklin sobre a necessidade de dados mais seguros sobre a questão das mudanças climáticas, Thomas Jefferson aconselhou seus correspondentes a manter diários meteorológicos e a enviá-los à American Philosophical Society, na esperança de que tais dados demonstrariam cabalmente a realidade das mudanças climáticas no país. Preocupações semelhantes ocorriam em diversas partes do globo, especialmente nas nações cientificamente mais avançadas, como a Inglaterra, a França, a Itália e a Alemanha. Assim, a primeira metade do século XIX assistiu a muitas tentativas de coleta, padronização e publicação de dados meteorológicos, no intuito de caracterizar o clima e identificar tendências para se planejar melhor a agricultura, responder a questões sobre a saúde pública e enviar alertas de eventos extremos à população. Aos poucos se foi percebendo a importância da cooperação internacional neste trabalho, o que o facilitaria para todos. Tal projeto, porém, só passou a mostrar-se possível após o estabelecimento dos serviços meteorológicos nacionais em diversos países, na segunda metade do século XIX. Uma conferência internacional em Leipzig em 1872 e o Primeiro Congresso Internacional de Diretores de Serviços Meteorológicos em Viena em 1873 constituíram-se nos embriões da Organização Meteorológica Internacional, hoje chamada Organização Meteorológica Mundial. A padronização dos métodos de obtenção dos dados que resultou dessas conferências internacionais abriu uma nova era na climatologia, resultando em séries de dados mais homogêneas e observações mundiais, facilitando muito a caracterização climática e a identificação de tendências⁸.

Através da análise de dados climáticos, Noah Webster publicou em 1799 um ensaio intitulado *On the supposed change in the temperature of winter*, em que criticava

⁷ Fleming (1998), p. 21-26.

⁸ Fleming (1998), p. 33-34; 41-43.

as pesquisas sobre mudanças climáticas européias e norte-americanas por sua frágil citação de fontes e pelas conclusões impróprias dali derivadas.

“Os fazendeiros do rio Connecticut araram suas terras, conforme eu vi em fevereiro de 1779, e os pessegueiros floriram na Pensilvânia. E daí? Os invernos são todos amenos na América? De jeito nenhum; justamente no ano seguinte, não apenas nossos rios, mas nossas baías, e o próprio oceano, na nossa costa, foram rapidamente cobertos pelo gelo”⁹.

Após uma releitura de suas fontes, Webster concluiu que o clima podia até ter se tornado mais variável em decorrência da atividade agrícola, mas não havia razão para supor que o planeta estava se aquecendo ou que a Europa e a América do Norte estariam atravessando mudanças climáticas significativas¹⁰.

A republicação desse ensaio em 1843 motivou Samuel Forry a conduzir uma análise de dados meteorológicos coletados pelo Army Medical Department desde 1814 em mais de 60 localidades. A partir da análise desses dados, Forry concluía que a crença de que as temperaturas de inverno das altas latitudes eram maiores que em épocas passadas não passava de um erro criado a partir de poucas evidências, basicamente citações de trabalhos antigos, não havendo bases seguras nos dados para se afirmar qualquer coisa a respeito de mudanças climáticas. Forry extraiu três conclusões básicas de seu estudo: os climas são estáveis e nenhuma observação termométrica acurada autorizava a conclusão de que estaria ocorrendo uma mudança climática; os climas são suscetíveis de melhoramentos pelo trabalho humano; mas esses efeitos são muito menos influentes que a latitude, altitude ou proximidade dos corpos d’água¹¹. Tais idéias estavam em perfeito acordo com Alexander von Humboldt, em *Views of Nature*:

“As afirmações tão freqüentemente avançadas, apesar de não apoiadas pelas medições, de que desde os primeiros assentamentos europeus na Nova Inglaterra, Pensilvânia e Virgínia, a destruição de muitas florestas nos dois lados dos Alleghanys [Apalaches] tornou o clima mais homogêneo – com invernos mais suaves e verões mais amenos – são agora desacreditados de maneira geral. Nenhuma série de observações de temperatura digna de confiança estende-se por mais de 78 anos nos Estados Unidos. Descobrimos a partir de observações na Filadélfia que de 1771 a 1814 a temperatura

⁹ Webster (1799), citado por Fleming (1998), p. 46.

¹⁰ Fleming (1998), p. 47.

¹¹ Fleming (1998), p. 48-49.

média anual mal se elevou em 2°.7, um aumento que pode ser largamente creditado à extensão da cidade, sua maior população, e a numerosas máquinas a vapor... Trinta e três anos de observações em Salem em Massachusetts quase não mostram alguma diferença, a média de cada um oscilando em 1°F (...), e os invernos de Salem, ao invés de terem se tornado mais suaves, conforme se conjectura, por conta da erradicação das florestas, resfriou-se em cerca de 4°F durante os últimos trinta e três anos”¹².

A tradição estabelecida por Forry e Humboldt, de examinar registros meteorológicos ao invés de textos antigos, foi continuada por Lorin Blodget, que empregou dados de temperatura e precipitação do Army Medical Department e da Smithsonian Institution em sua obra *Climatology of the United States*, de 1857. No capítulo *Permanence of the principal conditions of climate*, o autor afirmava que os climas devem ser assumidos constantes até serem provados mutáveis. Para o autor, a única maneira confiável de se identificar uma mudança climática seria através dos registros termométricos, e as oito décadas de registros nos Estados Unidos não denotavam tendências que não pudessem ser explicadas pela expansão das cidades, erros do observador e outras causas espúrias¹³.

Uma década depois, Charles A. Schott, assistente da US Coast Survey e versado em técnicas estatísticas, analisou dados de temperatura e precipitação obtidos do Smithsonian Institute, do Army Medical Department, do Lake Survey, do Coast Survey, dos estados de Nova York e Pensilvânia e de periódicos particulares cujos dados recuavam até o século XVIII, para então concluir que

“nada há nessas curvas para sustentar a idéia de que alguma mudança permanente tenha se posicionado, ou esteja prestes a se posicionar; nos últimos 90 anos de registros termométricos, as temperaturas médias não mostram sequer uma indicação sustentável de aumento ou diminuição. A mesma conclusão foi atingida na discussão sobre a mudança secular da precipitação, que aparenta ter permanecido constante tanto em quantidade quanto em distribuição anual”¹⁴.

Por fim, podemos citar Cleveland Abbe, que em 1889 publicou um artigo com o título *Is our climate changing?*, onde definia o clima como “a média em torno das quais as condições temporárias oscilam permanentemente; ele assume e implica

¹² Humboldt (1850), citado por Fleming (1998), p. 49-50.

¹³ Fleming (1998), p. 50.

¹⁴ Fleming (1998), p. 51.

permanência”. Após discutir as variações introduzidas nas séries de dados por problemas de medição, Abbe apresentou os registros de três cidades alemãs por um período de 24 anos; tais registros variavam em torno de quatro décimos de grau, quantidade que Abbe considerou insignificante estatisticamente. Mesmo que a temperatura de um período de 25 anos seja diferente dos 25 anos subsequentes, ou mesmo que as diferenças de quatro períodos dessa extensão denotem alguma tendência, afirmou o autor, tal fato ainda não implicaria uma mudança climática, permanente ou temporária, a menos que as médias excedessem consideravelmente os índices de variabilidade, e estes eram tão grandes e os erros de medições tão frequentes que a tarefa de identificar alguma mudança climática seria impraticável. Seria melhor, pois, ao invés de tentar detectar mudanças, concentrarmos-nos em descrever como o clima é, introduzindo na climatologia maior rigor científico e matemático¹⁵:

“Será visto que a climatologia racional não oferece bases para a largamente apregoada influência sobre o clima de um país produzida pelo crescimento ou destruição de florestas, construção de estradas de ferro ou telégrafos, e cultivos sobre vastas extensões da planície. Qualquer opinião relacionada aos efeitos meteorológicos da atividade humana deve se basear ou em registros de observações ou em raciocínio teórico *a priori*... O verdadeiro problema para o climatólogo a ser consolidado no século atual não é se o clima tem mudado ultimamente, mas o que é nosso clima presente, quais são suas características bem definidas, e como elas podem ser mais claramente expressas em números”¹⁶.

Ainda na segunda metade do século XIX, porém, os debates em torno das mudanças climáticas induzidas pelas atividades humanas começaram a ceder lugar para as discussões em torno de mudanças de prazos mais longos, a saber, os recém-descobertos ciclos glaciais e interglaciais que nosso planeta enfrentou ao longo de sua história. As explicações buscadas para esses ciclos baseavam-se no comportamento dos oceanos, nos parâmetros orbitais do planeta e na composição atmosférica.

As primeiras hipóteses sobre o comportamento térmico da atmosfera, de acordo com Leroux, foram desenvolvidas por Fourier em 1827. Segundo esse autor, a atmosfera ganha energia como se estivesse sob uma redoma de vidro, representada por gases que interceptam a radiação emitida pela Terra e reirradiam-na em direção à

¹⁵ Fleming (1998), p. 52-53.

¹⁶ Fleming (1998), p. 53.

superfície, tornando-a mais quente do que seria na ausência de uma atmosfera. O principal gás responsável por esse fenômeno, de acordo com o autor, seria o vapor d'água¹⁷.

Em 1859, John Tyndall iniciou uma série de cuidadosos experimentos sobre as propriedades radiativas de vários gases, além de estudar a dispersão da luz pelos aerossóis – processo que ficaria conhecido como *efeito Tyndall*. O cientista concluiu que os chamados gases elementares – oxigênio, nitrogênio e hidrogênio – eram quase transparentes à radiação, enquanto o vapor aquoso [vapor d'água], o ácido carbônico [dióxido de carbono], o ozônio e até mesmo perfumes eram os melhores absorvedores e que, mesmo em pequenas quantidades, poderiam absorver mais energia que a própria atmosfera, sendo o vapor aquoso o maior exemplo. De acordo com Tyndall, para cada 200 “átomos” de oxigênio e nitrogênio na atmosfera, existia um de vapor aquoso; este, porém, é 80 vezes mais poderoso do que os 200 primeiros. Se compararmos então um único “átomo” de oxigênio ou nitrogênio com um “átomo” de vapor aquoso, deduzimos que ele é 16000 vezes mais poderoso que os primeiros. Desse modo, dentre os constituintes da atmosfera, o vapor aquoso era o absorvedor mais forte de radiação infravermelha e, assim, o mais importante controlador da temperatura da superfície do nosso planeta, evitando que a radiação infravermelha escape para o espaço. Ao que consta, o autor acreditava que mudanças na composição atmosférica teriam produzido todas as mudanças climáticas de épocas passadas¹⁸.

Svante August Arrhenius é comumente considerado o “pai do efeito estufa” (ou um profeta do aquecimento global, para os *global warmers*), por suas famosas pesquisas sobre os efeitos do dióxido de carbono sobre o balanço radiativo terrestre. Seu mais famoso estudo nesse campo, intitulado *A influência do ácido carbônico do ar sobre a temperatura da superfície*, procurava mostrar que reduções da quantidade de dióxido de carbono atmosférico poderiam explicar o advento das glaciações. Ele projetou cinco cenários envolvendo níveis distintos de dióxido de carbono, um mais baixo ($\times 0,67$) e quatro mais altos ($\times 1,5$; $\times 2$; $\times 2,5$ e $\times 3$), em relação às concentrações de sua época, em torno de 300 ppm, complementados por estimativas simples do albedo da superfície e das nuvens, mecanismos de realimentação simples na presença de cobertura de neve, enquanto os efeitos de mudanças no transporte horizontal de energia e na cobertura de nuvens foram ignorados. Seus cálculos que o levaram à conclusão de que os períodos

¹⁷ Leroux (2005), p. 19-20.

¹⁸ Fleming (1998), p. 67-73.

glaciais eram o resultado de níveis reduzidos de dióxido de carbono na atmosfera. Caso seus níveis dobrassem, a temperatura média da superfície terrestre seria elevada em 5 a 6°C, mas isso poderia levar vários séculos. Ele também declarou que o efeito seria maior no inverno do que no verão, sobre os continentes do que nos oceanos e seria máximo nas regiões polares, cenários notavelmente semelhantes aos do IPCC, mas elaborados há mais de cem anos¹⁹! A coincidência aproximada entre os valores encontrados por Arrhenius e aqueles obtidos hoje por simulações de computador, de acordo com Fleming, é apenas fortuita²⁰; entretanto, é inegável que dá margem a algumas interpretações...

TABLE VII.—*Variation of Temperature caused by a given Variation of Carbonic Acid.*

Latitude.	Carbonic Acid=0.67.					Carbonic Acid=1.5.					Carbonic Acid=2.0.					Carbonic Acid=2.5.					Carbonic Acid=3.0.				
	Dec.- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.	Dec.- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.	Dec.- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.	Dec.- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.	Dec.- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.
70	-2.9	-3.0	-3.4	-3.1	-3.1	3.3	3.4	3.8	3.6	3.52	6.0	6.1	6.0	6.1	6.03	7.9	8.0	7.9	8.0	7.93	9.1	9.3	9.4	9.4	9.3
60	-3.0	-3.2	-3.4	-3.3	-3.22	3.4	3.7	3.6	3.8	3.62	6.1	6.1	5.8	6.1	6.02	8.0	8.0	7.6	7.9	7.87	9.3	9.5	8.9	9.5	9.3
50	-3.2	-3.3	-3.3	-3.4	-3.3	3.7	3.8	3.4	3.7	3.65	6.1	6.1	5.5	6.0	5.92	8.0	7.9	7.0	7.9	7.7	9.5	9.4	8.6	9.2	9.17
40	-3.4	-3.4	-3.2	-3.3	-3.32	3.7	3.6	3.3	3.5	3.52	6.0	5.8	5.4	5.6	5.7	7.9	7.6	6.9	7.3	7.42	9.3	9.0	8.2	8.8	8.82
30	-3.3	-3.2	-3.1	-3.1	-3.17	3.5	3.3	3.2	3.5	3.47	5.6	5.4	5.0	5.2	5.3	7.2	7.0	6.6	6.7	6.87	8.7	8.3	7.5	7.9	8.1
20	-3.1	-3.1	-3.0	-3.1	-3.07	3.5	3.2	3.1	3.2	3.25	5.2	5.0	4.9	5.0	5.02	6.7	6.6	6.3	6.6	6.52	7.9	7.5	7.2	7.5	7.52
10	-3.1	-3.0	-3.0	-3.0	-3.02	3.2	3.2	3.1	3.1	3.15	5.0	5.0	4.9	4.9	4.95	6.6	6.4	6.3	6.4	6.42	7.4	7.3	7.2	7.3	7.3
0	-3.0	-3.0	-3.1	-3.0	-3.02	3.1	3.1	3.2	3.2	3.15	4.9	4.9	5.0	5.0	4.95	6.4	6.4	6.6	6.6	6.5	7.3	7.3	7.4	7.4	7.35
-10	-3.1	-3.1	-3.2	-3.1	-3.12	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	5.0	5.0	5.2	5.1	5.07	6.6	6.6	6.7	6.7	6.65	7.4	7.5	8.0	7.6	7.62
-20	-3.1	-3.2	-3.3	-3.2	-3.2	3.2	3.2	3.4	3.3	3.27	5.2	5.3	5.5	5.4	5.35	6.7	6.8	7.0	7.0	6.87	7.9	8.1	8.6	8.3	8.22
-30	-3.3	-3.3	-3.4	-3.4	-3.35	3.4	3.5	3.7	3.5	3.52	5.5	5.6	5.8	5.6	5.62	7.0	7.2	7.7	7.4	7.32	8.6	8.7	9.1	8.8	8.8
-40	-3.4	-3.4	-3.3	-3.4	-3.37	3.6	3.7	3.8	3.7	3.7	5.8	6.0	6.0	6.0	5.93	7.7	7.9	7.9	7.9	7.85	9.1	9.2	9.4	9.3	9.25
-50	-3.2	-3.3	—	—	—	3.8	3.7	—	—	—	6.0	6.1	—	—	—	7.9	8.0	—	—	—	9.4	9.5	—	—	—
-60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabela 5 – Tabela do artigo de Arrhenius de 1896 com seus cálculos de mudanças de temperatura por latitude em consequência de variações na concentração atmosférica de ácido carbônico (dióxido de carbono) (Arrhenius, 1896, p. 266).

Ao contrário dos alarmismos atuais em torno da possibilidade de aquecimento do planeta devido às atividades humanas, Arrhenius encarou essa possibilidade de

¹⁹ Leroux (2005), p. 20; Fleming (1998), p. 76.

²⁰ Fleming (1998), p. 81.

maneira um tanto otimista: não apenas sugeriu que a maior parte do dióxido de carbono produzido pela queima de combustíveis fósseis poderia ser absorvida pelos oceanos, como ressaltou os benefícios de um clima melhorado pelo aquecimento:

“Freqüentemente ouvimos lamentos de que o carvão estocado na Terra está sendo desperdiçado pela geração presente sem pensamento algum sobre o futuro... [Entretanto]... Através da influência do crescente percentual do ácido carbônico na atmosfera, podemos ter a esperança de desfrutar de eras com climas mais uniformes e melhores, especialmente no que diz respeito às regiões mais frias da Terra, eras em que a terra trará colheitas muito mais abundantes que no presente, para benefício de uma humanidade em rápida propagação”²¹.

Pouco depois de Arrhenius, Thomas Chrowder Chamberlin também estabeleceu uma conexão entre as mudanças climáticas ocorridas em escala geológica e mudanças na composição atmosférica, porém não de maneira tão simplista, e sim relacionando-a a eventos geológicos. De acordo com sua teoria, a causa primordial das grandes mudanças climáticas é o diastrofismo que, ao elevar grandes porções de terra, pode modificar as correntes atmosféricas e oceânicas. Após os episódios de intenso diastrofismo, porções maiores de rocha ficam sujeitas à ação do intemperismo, consumindo dióxido de carbono atmosférico e, conseqüentemente, reduzindo suas concentrações, o que provocaria uma importante redução da temperatura do planeta, que por sua vez reduziria a quantidade de vapor d'água atmosférico e favoreceria, assim, o advento de um período glacial²².

O grande mérito da teoria de Chamberlin foi valorizar a complexidade e as interconexões entre os diversos componentes do sistema terrestre, algo muito próximo da perspectiva sistêmica que procuramos praticar hoje nas ciências da Terra. Porém, a atuação do vapor d'água em sua teoria está claramente subordinada à atuação do dióxido de carbono, ou seja, é encarada como um mero mecanismo de realimentação, também de maneira muito semelhante à visão hoje adotada por diversos cientistas da Terra, especialmente pelo IPCC. Chamberlin reconheceu essa inconveniência de sua teoria, após alguma resistência inicial, por volta da segunda década do século XX, quando despontavam as teorias astronômicas de mudanças climáticas e já se colocavam dúvidas quanto à importância do dióxido de carbono para o sistema climático: em 1900,

²¹ Arrhenius (1906), citado por Fleming (1998), p. 74.

²² Fleming (1998), p. 86-89.

Knut Ångström concluiu que o dióxido de carbono e o vapor d'água absorvem a radiação infravermelha nas mesmas regiões espectrais. Já em 1929, G. C. Simpson apontava que, embora pudessem ocorrer variações nas concentrações de dióxido de carbono atmosférico, elas não conduzem a efeitos notáveis sobre o clima e sugeria três razões para tal:

“a banda de absorção do dióxido de carbono é muito estreita para ter um efeito significativo sobre a radiação terrestre; a quantidade atual de CO₂ atmosférico exerce plenamente seus efeitos e qualquer adição teria pouca ou nenhuma influência; e a banda de absorção do vapor d'água sobrepõe-se à do CO₂ e a domina”²³.

Chamberlin assumiu, assim, ter sido “uma das primeiras vítimas do erro de Arrhenius” ao supervalorizar o papel do dióxido de carbono, com base na alta autoridade do cientista, e com isso ter permitido que outros aspectos de sua teoria, como o papel do oceano, tenham sido pouco valorizados pelos seus leitores²⁴.

Em 1938, Guy Stewart Callendar afirmou que, durante o último meio século aproximadamente, a queima de combustíveis fósseis havia lançado cerca de 150 bilhões de toneladas de dióxido de carbono na atmosfera, dos quais três quartos ainda permaneciam ali, o equivalente a um aumento de 6% nas concentrações desse gás entre 1900 e 1936. De acordo com seus cálculos, tal aumento poderia explicar 60% da elevação da temperatura medida por estações meteorológicas para o período, de 0,5°C por século. Apesar de questionado por outros autores, Callendar manteve-se convicto de que seus cálculos estavam corretos e de que o efeito estufa devido ao dióxido de carbono era real. Seu artigo de 1939, sobre a variação da composição atmosférica ao longo dos períodos geológicos, ia pelo mesmo caminho, considerando os anos de 1934 a 1938 como os mais quentes dos 180 anos anteriores e que a humanidade estava conduzindo um “grande experimento” com o planeta e tinha se tornado um “agente de mudanças globais”²⁵.

Em um outro artigo, de 1941, Callendar publicou uma revisão das medições espectroscópicas das bandas de absorção do dióxido de carbono e provocou com isso uma significativa mudança na opinião de vários cientistas, que passaram então a considerar a absorção de energia pelo dióxido de carbono como maior do que se

²³ Simpson (1929), citado por Fleming (1998), p. 112.

²⁴ Fleming (1998), p. 90-91, 111-112.

²⁵ Fleming (1998), p. 114-115.

pensava, demandando maiores pesquisas sobre o assunto. Os artigos de Callendar ao longo das duas décadas seguintes insistiam na relação entre o dióxido de carbono atmosférico e a temperatura do planeta, formando uma importante base para os investigadores seguintes²⁶.

Figura 19 – O espectro atmosférico em comprimentos de onda infravermelhos apresentados no artigo de 1941 de Callendar (Fleming, 1998, p. 116).

Até meados da década de 1950, tanto entre os cientistas quanto entre o público leigo, cresciam as percepções e preocupações a respeito do aquecimento do planeta, derretimento das geleiras, elevação do nível do mar, intensificação de fenômenos extremos e migrações de ecossistemas. Como exemplo, apresentamos três *cartoons* de Virgil Partch, de 1953, ilustrando possíveis conseqüências de mudanças climáticas globais²⁷.

Figura 20 – *Cartoons* de Virgil Partch publicados em 1953 ilustrando imagens das conseqüências do aquecimento global: a dona-de-casa holandesa tenta driblar a subida do nível dos mares, os ecossistemas migram e o russo trabalha sob um sol escaldante (Baxter, 1953, citado por Fleming, 1998, p. 120).

²⁶ Fleming (1998), p. 115-117.

²⁷ Fleming (1998), p. 118-119.

Em 1956, Gilbert N. Plass, leitor de Callendar, alertou que o acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera poderia se tornar um sério problema num futuro próximo, e que a humanidade estava conduzindo um experimento de larga escala na atmosfera cujos resultados ainda não estariam disponíveis por várias gerações. E deixou clara sua convicção numa relação de causa e efeito entre o dióxido de carbono e a temperatura:

“Se ao final deste século, as medições mostrarem que as quantidades de dióxido de carbono na atmosfera subiram apreciavelmente e ao mesmo tempo a temperatura continuou a subir pelo mundo, estará firmemente estabelecido que o dióxido de carbono é um importante fator de mudanças climáticas”²⁸.

Tal raciocínio, apesar de equivocado, permanece.

Os anos que se seguiram à Segunda Guerra Mundial assistiram a um intenso desenvolvimento de teorias e métodos de pesquisa climática, pois, em virtude da Guerra Fria, a previsão e o controle climáticos se tornaram um item de segurança nacional. Muitas pessoas estavam certas de que os testes nucleares na atmosfera poderiam mudar o clima do planeta, e o medo de um conflito nuclear entre as duas superpotências, com suas dramáticas consequências para o meio ambiente terrestre (como o inverno nuclear) assombrava a todos. Além dessas ameaças, havia a possibilidade de o próprio clima ser usado como arma de guerra, como atestam as teorias sobre semeadura de nuvens, algo que parecia perfeitamente praticável. Neste quadro, o desenvolvimento da computação e dos satélites meteorológicos abriam novas perspectivas às questões climáticas. Pouco tempo depois do desenvolvimento da previsão meteorológica numérica, um modelo de computador conhecido como Nilo Azul foi desenvolvido pela Advanced Research Projects Administration (ARPA) do Departamento de Defesa Norte-Americano. Esperava-se que esse modelo pudesse ser empregado para testar a sensibilidade do clima a grandes perturbações, incluindo intervenções soviéticas e os possíveis resultados de uma guerra nuclear ou ambiental²⁹.

Em 1957-1958, as Nações Unidas patrocinaram o Ano Geofísico Internacional, envolvendo programas internacionais de pesquisas de longo prazo. Como parte desses programas, Charles D. Keeling embarcou numa série de medições diretas das quantidades de dióxido de carbono atmosférico, cuja curva resultante mostrava um

²⁸ Plass (1956), citado por Fleming (1998), p. 122.

²⁹ Fleming (1998), p. 130.

aumento leve e contínuo ao longo de dois anos (1958 e 1959). Conforme o tempo foi passando, tal curva foi se consolidando como um ícone do efeito estufa, ao mesmo tempo em que crescia a percepção de aumento das temperaturas no hemisfério norte em décadas recentes, fazendo a teoria do efeito estufa antropogênico ganhar muitos adeptos³⁰.

Figura 21 – Os primeiros dois anos e meio das medições diretas das concentrações de dióxido de carbono atmosférico por Keeling na Antártida (Weart, 1997, citado por Leroux, 2005, p. 22).

Todavia, entre as décadas de 1960 e 1970, a discussão sobre a possibilidade do aquecimento global cedeu lugar à possibilidade de *resfriamento*, com base na redução das temperaturas ocorrida naquele período. Tanto a literatura científica quanto a mídia estiveram repletas de anúncios da iminência de uma nova era glacial e dos perigos associados, como a fome, as migrações em massa e conflitos entre as nações. Mas as concentrações de dióxido de carbono não estavam aumentando? Sim, estavam, mas também aumentavam os aerossóis de origem industrial, acusados de, por refletir a radiação solar de volta para o espaço, tornar a atmosfera suficientemente opaca para provocar uma redução global da temperatura, processo que ficou conhecido como “vulcão humano”. Esta preocupação é clara em Rasool e Schneider, que publicaram um artigo sobre o assunto na edição de 9 de julho de 1971 da revista *Science*. Os cálculos dos autores conduziram-nos à conclusão de que

“mesmo um aumento de um fator 8 na quantidade de CO₂, o que é altamente improvável nos próximos milhares de anos, produzirá um aumento na temperatura de

³⁰ Leroux (2005), p. 22; Fleming (1998), p. 126.

menos de 2K. No entanto, o efeito sobre a temperatura da superfície de um aumento no conteúdo de aerossóis na atmosfera pode ser significativo. Um aumento de fator 4 na concentração de equilíbrio de material particulado na atmosfera global, possibilidade que não pode ser descartada dentro do próximo século, poderia *reduzir* a temperatura média da superfície em até 3,5K. Caso mantido por um período de vários anos, tal decréscimo de temperatura seria suficiente para desencadear uma glaciação!”³¹.

E, da mesma forma que os partidários da hipótese do aquecimento global hoje, os então partidários da hipótese do resfriamento global clamaram fortemente por ações para reduzir a intensidade do fenômeno – também na ausência de evidências científicas confiáveis para sustentar a hipótese³².

Os efeitos dramáticos da seca no Sahel, a partir do final da década de 1960, incentivaram o interesse pela questão das mudanças climáticas. A falta de chuva na região foi atribuída às práticas agrícolas ali adotadas, que destruíam o solo e desequilibravam o ecossistema, mas algumas hipóteses marginais sinalizavam para o efeito estufa antropogênico, embora seus mecanismos ainda não fossem suficientemente esclarecidos³³.

Em 1979 acontecia a primeira conferência climática mundial, em Genebra, convocada pela Organização Meteorológica Mundial, para examinar as relações entre o clima e as atividades humanas. Os principais objetivos dessa conferência foram avaliar o estado do conhecimento climatológico e atingir uma melhor compreensão de como a variabilidade climática afeta o meio ambiente e as atividades humanas, interesse justificado pela crescente preocupação com a repercussão da variabilidade climática sobre a produção de alimentos, recursos e demanda de energia, disponibilidade de água, manejo da terra e outros aspectos sociais. Naquele momento, não havia unanimidade sobre os níveis de possíveis danos à atmosfera devido à intervenção humana nem sobre a urgência em se tomar alguma medida corretora. Se não havia dúvida sobre o aumento das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, os passos do ciclo do carbono e sua atuação na atmosfera ainda não eram bem conhecidos; por isso, apesar de o aquecimento ser a possibilidade mais plausível, ainda não era possível elaborar uma previsão climática confiável. Alguns cientistas evocavam o princípio da precaução, enquanto outros consideravam-no uma medida prematura. Ainda não estava

³¹ Rasool; Schneider (1971), p. 138. Grifo no original.

³² Leroux (2005), p. 27-28; Jones (1997), p. 5.

³³ Leroux (2005), p. 27.

formalmente estabelecido que o homem pudesse ser um elemento das mudanças climáticas, o que seria a conclusão da primeira conferência de Villach (Áustria), em novembro de 1980³⁴.

Villach foi o primeiro encontro internacional de especialistas sobre a atuação do dióxido de carbono na variabilidade climática. As discussões da conferência giraram em torno principalmente de um cenário desenvolvido por Rotty e Marland (1980), segundo o qual a concentração atmosférica de dióxido de carbono atingiria 450 ppm em 2025 e, caso ela dobrasse, a temperatura média global seria elevada entre 1,5 e 3,5°C. Entre as principais conclusões da conferência, estavam a idéia de que ainda seriam prematuras medidas de contenção das emissões de dióxido de carbono, por causa das incertezas envolvidas; que deveria ser dada prioridade ao estabelecimento de um embasamento científico sólido concernente ao problema; e que as emissões devidas ao desflorestamento e mudanças no uso da terra eram insuficientes para provocar uma mudança climática, embora as emissões devidas à queima de combustíveis fósseis parecessem ser suficientes para causar alguma mudança ambiental caso sua exploração continuasse a crescer. Mas, como a lembrança das crises do petróleo de 1973 e 1979, que diminuíram seu consumo, ainda fazia-se sentir, um senso de urgência na tomada de atitudes de controle ainda não era aparente³⁵.

O tom já seria diferente na Segunda Conferência de Villach, em 1985, quando o aquecimento devido ao efeito estufa antropogênico passa a não ser mais considerado uma hipótese, mas um *fato* estabelecido, ainda que não tenha sido demonstrado seu funcionamento. Suas principais conclusões foram as de que o efeito estufa será a causa mais importante das mudanças climáticas no próximo século; a temperatura do planeta poderá aumentar entre 1,5 e 4,5°C caso dobrem as concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, fato previsto para o ano de 2030; o nível do mar poderá subir entre 20 e 140 centímetros; o aquecimento será mais pronunciado nas latitudes altas e as mudanças climáticas terão profundos efeitos em escala global sobre ecossistemas, agricultura, recursos hídricos e gelo marinho³⁶.

Em meados da década de 1980, os modelos de computador já haviam atingido um ponto de desenvolvimento que possibilitava a execução de exercícios de elaboração de cenários de climas futuros com uma composição atmosférica alterada em virtude da

³⁴ Leroux (2005), p. 29-30.

³⁵ Leroux (2005), p. 30.

³⁶ Leroux (2005), p. 32.

emissão de gases estufa pelas atividades humanas. Enquanto os diferentes modelos geravam diferentes cenários, todos sugeriam uma elevação da temperatura média global de até 6°C para o dobro das concentrações atuais de dióxido de carbono, com a maior elevação se dando nas regiões polares, possivelmente até 18°C. Os elaboradores desses modelos, mais do que ninguém, reconheciam o quanto essas simulações eram ainda primitivas, pois não incluíam a interação entre a atmosfera e o oceano, além de diversos outros processos então pouco conhecidos; apenas representavam uns poucos processos de formação de nuvens e componentes do ciclo hidrológico, resultando numa inacurácia por vezes de até 20°C ou 30°C quanto às temperaturas atuais das regiões polares e apresentando, como climas “normais”, desertos no sudeste dos Estados Unidos. Devido a essas inconsistências e ao rudimentarismo dos modelos de então, não deveria ser difícil, na época, desconsiderar seus resultados, pelo menos os mais extremos. Com os progressos ocorridos na modelagem atmosférica, os resultados dos modelos passaram, em geral, a sugerir um aquecimento de menor magnitude, até atingir, no início da década de 1990, algo em torno de 3°C até o ano de 2050. “Infelizmente, tais resultados foram freqüentemente interpretados como ‘previsões’ ao invés de testes experimentais de uma situação idealizada”³⁷.

Dois fatos ocorridos em 1986, a explosão da *Challenger* e o acidente nuclear de Chernobyl, só fizeram engrandecer as preocupações a respeito das conseqüências trágicas das falhas da tecnologia e, na mesma medida, fortalecer os movimentos ecológicos, que cresciam a olhos vistos³⁸.

É no ano de 1988 que podemos localizar o início da histeria coletiva em torno do aquecimento global, muito embora já pudessem ser sentidos indícios dela pelo menos três anos antes³⁹. O verão daquele ano foi terrivelmente quente e seco. As colheitas decaíram tão desgraçadamente no meio oeste dos Estados Unidos que o gado teve de ser sacrificado por falta de alimentos. Os ventos varriam as camadas superficiais dos solos secos para o horizonte. Artigos de jornais e reportagens na televisão mostravam fotos de barcos atracados no rio Mississipi, que corria seco, e de incêndios florestais que arruinaram milhões de acres no oeste. Nos estados do leste, as temperaturas estiveram tão insuportavelmente altas que as linhas de produção de algumas fábricas foram paralisadas. A então União Soviética e a China foram igualmente traídas pela seca, mas

³⁷ Christy, in Jones (1997), p. 56-57.

³⁸ Leroux (2005), p. 33.

³⁹ Lindzen (1992), p. 91-92.

chuvas torrenciais assolaram partes da África, Índia e Bangladesh, país que, a um determinado momento, teve três quartos de seu território debaixo d'água. Na península de Yucatán, o furacão Gilbert, excepcionalmente forte, praticamente varreu as cidades para dentro do mar. Por tudo isso, em 2 de janeiro de 1989, a capa da revista *Time* trazia uma foto não do “homem do ano”, mas do “planeta do ano”, o planeta Terra, um planeta em perigo⁴⁰.

Figura 22 – Capa da edição de 2 de janeiro de 1989 da revista *Time*.

O aumento da temperatura do planeta que vinha sendo sentido desde meados da década de 1970 foi em 1988 imediatamente atribuído ao efeito estufa antropogênico, na esteira do crescimento das preocupações ambientais desde Estocolmo⁴¹. James Hansen, diretor do Instituto Goddard de Estudos Espaciais da NASA, afirmou perante o Comitê Senatorial de Ciência, Tecnologia e Espaço no dia 23 de junho daquele ano que tinha 99% de certeza de que as temperaturas haviam aumentado e que existia um

⁴⁰ Philander (1998), p. 191.

⁴¹ Lindzen (1992), p. 91-92.

aquecimento global, declaração esta que recebeu grande atenção da mídia⁴². O gráfico apresentado por Hansen para provar sua hipótese, no entanto, continha um grave erro que passou despercebido pelos *global warmers*, talvez por sua conveniência: comparava médias anuais de temperatura com um período de apenas cinco meses para o ano de 1988⁴³.

Figura 23 – Curva de temperatura apresentada por James Hansen em 23 de junho de 1988, que mistura médias anuais com uma média de cinco meses para o ano de 1988 (Michaels, 1992, citado por Leroux, 2005, p. 35).

Em audiências transmitidas pela televisão, cientistas soaram o alarme de que verões como aquele de 1988 possivelmente cresceriam em número, como consequência de nossas atividades industriais e agrícolas, que estariam aumentando a concentração atmosférica dos gases estufa⁴⁴. Antes do final do ano, a Organização Meteorológica Mundial e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente reconheceram formalmente a ameaça do aquecimento global e estabeleceram o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para avaliar as informações científicas, técnicas e socioeconômicas referentes ao assunto⁴⁵. O aquecimento global finalmente se firmava como uma das maiores questões ambientais da atualidade.

⁴² Jones (1997), p. 5; Leroux (2005), p. 34.

⁴³ Leroux (2005), p. 35.

⁴⁴ Philander (1998), p. 191.

⁴⁵ Balling Jr. (2000), p. 114.

O verão de 1988 foi seguido por mais alguns excepcionalmente quentes, fazendo crescer apelos por uma ação governamental urgente⁴⁶. Formavam-se e cresciam os partidos verdes e diversos tipos de organizações, apoiados por personalidades políticas, com receitas da ordem de centenas de milhões de dólares e empregando cerca de 50.000 pessoas nos Estados Unidos⁴⁷.

“Como qualquer grupo, a autoperpetuação tornou-se uma preocupação crucial. O ‘aquecimento global’ tornou-se um dos maiores gritos de guerra pelo levantamento de fundos. Ao mesmo tempo, a mídia foi aceitando inquestionavelmente os pronunciamentos desses grupos como uma verdade objetiva”⁴⁸.

Muito embora ainda houvesse um ceticismo generalizado quanto à hipótese do aquecimento global, no começo de 1989 as mídias européia e norte-americana declaravam que “todos os cientistas” concordavam que o aquecimento era real e de potencialidades catastróficas, uma unanimidade claramente forjada. A histeria foi sempre crescendo, com o auxílio de publicações de livros e artigos sobre a catástrofe iminente⁴⁹. Destes, um dos mais famosos é de autoria do então senador Albert Gore, *Earth in the Balance: Ecology and the Human Spirit*, de 1992, que elevaria a importância do aquecimento global nos círculos políticos. Coincidentemente ou não, durante o mandato de Al Gore como vice-presidente, o orçamento de pesquisas federais sobre o efeito estufa cresceu exponencialmente e atingiu a cifra de mais de dois bilhões de dólares por ano⁵⁰. Publicaram-se também diversos artigos científicos, abaixo-assinados e apelos pedindo ações de mitigação urgentes por todos os lados, muitos deles oriundos de pessoas de inquestionável reputação no ramo da climatologia, como Robert Redford e Barbara Streisand⁵¹.

Em 1990, a assembléia geral das Nações Unidas criou um comitê intergovernamental de negociação encarregado da elaboração da Convenção Quadro sobre Mudanças Climáticas, projeto submetido à assinatura de 154 países em 1992, na Cúpula da Terra, no Rio de Janeiro. A Convenção reafirma a realidade do aquecimento global antropogênico, clama pela necessidade de estabilização dos níveis de gases

⁴⁶ Philander (1998), p. 191.

⁴⁷ Lindzen (1992), p. 91-92.

⁴⁸ Lindzen (1992), p. 91.

⁴⁹ Lindzen (1992), p. 91-92.

⁵⁰ Balling Jr. (2000), p. 114.

⁵¹ Lindzen (1992), p. 92.

estufa, com vistas à contenção dos danos ao sistema climático, e enfatiza que “a ausência de plenas certezas científicas não deve ser usada como pretexto para adiar a adoção de medidas” para “prever, prevenir ou atenuar as causas da mudança climática e limitar os efeitos perigosos”⁵². Estava institucionalizado, finalmente, o sagrado *princípio da precaução*.

Também em 1990 era lançado o primeiro relatório do IPCC, estabelecendo as bases científicas para a discussão sobre o aquecimento global. Dois outros relatórios seriam lançados posteriormente, em 1996 e em 2001, com certezas cada vez mais crescentes sobre a gravidade do efeito estufa antropogênico. Em virtude do tamanho e da grande quantidade de informações contidas, o IPCC produz resumos de seus relatórios – o *Summary for policymakers*, o *Technical summary* e o *Synthesis report*, para facilitar sua compreensão. Um efeito colateral dessa medida é o de que, se os relatórios já tendem a mascarar as incertezas quanto à hipótese do aquecimento global e a forjar um consenso, nos resumos essa tendência é altamente marcante ao longo de toda a discussão, dissipando qualquer tipo de dúvida. É claro que são esses resumos, e não os relatórios em si, que são lidos – se é que são! – e depois ainda mais condensados pela mídia, para divulgação para o grande público. Definitivamente, não sobra qualquer resquício de dúvida ou dissenso: o aquecimento global existe, é causado pelo homem e suas conseqüências, já sentidas, serão desastrosas. A função da mídia não é esclarecer, mas alienar, emburrecer, formar um consenso em torno de qualquer assunto não importando quão absurda seja a afirmação, exterminar a dissidência. “Debates científicos complexos não dão bons cabeçalhos”⁵³.

A seguir, descreveremos algumas das principais conclusões do grupo I do terceiro relatório do IPCC com respeito às mudanças climáticas ocorridas no século XX e suas projeções para o século XXI.

⁵² UNFCCC, art. 3, citado por Leroux (2005), p. 36.

⁵³ Jones (1997), p. 6.

7.2 As conclusões do grupo I do IPCC em 2001

7.2.1 Temperatura

As figuras 24 e 25 apresentam, respectivamente, as anomalias de temperaturas das superfícies continentais e continentais e oceânicas combinadas para o período de 1861 a 2000 em relação à média do período de 1961 a 1990, onde podemos observar uma tendência de elevação das temperaturas⁵⁴:

Figura 24 – Anomalias anuais médias globais de temperaturas das superfícies continentais entre 1861 e 2000 em relação à média do período de 1961 a 1990 (IPCC, 2001, p. 107).

⁵⁴ IPCC (2001), p. 107.

Figura 25 – Anomalias médias globais anuais de temperaturas das superfícies continentais e do mar combinadas entre 1861 e 2000 em relação à média do período de 1961 a 1990 com margens de incertezas (IPCC, 2001, 114).

Calcula-se que a temperatura média do planeta tenha se elevado em torno de $0,61^{\circ}\text{C} \pm 0,16^{\circ}\text{C}$ durante o período em questão, mas não de maneira uniforme nem no tempo nem no espaço. Podemos identificar nas figuras 24 e 25 pelo menos três períodos de variação de temperatura, representados nas figuras 26 (a a d): o primeiro está entre 1910 e 1945, denotando um aquecimento relativamente lento e uniforme; o segundo, entre 1946 e 1975, apresentando uma nítida tendência de resfriamento, mais pronunciada no hemisfério norte; e o terceiro entre 1976 e 2000, de aquecimento mais acelerado, porém de maior variabilidade interanual, e mais pronunciado sobre a Sibéria e a Europa⁵⁵. Alguns estudos sugerem que o aquecimento verificado se deve menos a um aumento do número e da temperatura dos dias quentes e mais a uma diminuição do número e aumento das temperaturas dos dias frios, ou seja, uma diminuição da variabilidade intra-anual⁵⁶.

⁵⁵ IPCC (2001), p. 107.

⁵⁶ IPCC (2001), p. 156-157.

(a) Tendências de temperatura – 1901 a 2000

(b) Tendências de temperatura – 1910 a 1945

Figura 26 (a e b) – Tendências anuais de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para os períodos 1901 a 2000 (a) e 1910 a 1945 (b), calculadas a partir de registros de superfície (IPCC, 2001, p. 116).

(c) Tendências de temperatura – 1946 a 1975

(d) Tendências de temperatura – 1976 a 2000

Figura 26 (c e d) – Tendências anuais de temperatura (°C) para os períodos 1946 a 1975 (c) e 1976 a 2000 (d), calculadas a partir de registros de superfície (IPCC, 2001, p. 116).

Existem muitas suspeitas de que o aquecimento registrado seja parcialmente causado pelo aquecimento característico das áreas urbanas, o conhecido fenômeno da ilha de calor. Em primeiro lugar, alguns dados mais recentes (de 1951 a 1989) sugerem uma divergência entre as tendências de elevação da temperatura nas áreas rurais e urbanas: enquanto nas áreas rurais esta tendência é de 0,08°C por década, para as áreas urbanas esse valor se eleva para 0,1°C por década – diferença esta que o IPCC não considera estatisticamente significativa⁵⁷. Em segundo lugar, observa-se uma redução da amplitude térmica diária – fenômeno típico de áreas urbanas – por conta de uma elevação da temperatura mínima mais acelerada do que a temperatura máxima, respectivamente, 0,2°C e 0,1°C em média por década⁵⁸. Em terceiro lugar, existe uma divergência entre os dados de superfície e aqueles obtidos através de satélites e balões meteorológicos para a baixa troposfera, respectivamente, 0,16°C por década contra 0,03°C e 0,04°C. No entanto, apesar de todas essas evidências, a conclusão do IPCC é a de que o efeito da ilha de calor urbano, embora seja relevante em escala local, não é significativo para explicar uma mudança de temperatura global, podendo ser-lhe atribuído um máximo de 0,05°C – menos de 10% – em relação ao total observado⁵⁹.

As temperaturas de superfície marinha (entendida como os primeiros metros de profundidade) apresentam uma tendência de elevação semelhante à da superfície terrestre até 1976, quando passa a denotar uma tendência de menor elevação que a da superfície⁶⁰. A evidência mais convincente de um aquecimento oceânico está localizada no Atlântico norte, na Estação S (sudeste de Bermuda, 32,17°N, 64,5°O), que denota uma taxa de aquecimento quase constante entre 1922 e 1995. O IPCC cita diversos estudos que apontam aumentos da temperatura e do nível do mar em diversos pontos do planeta, mas faz a ressalva de que muitas das séries de dados utilizadas são relativamente curtas e, por isso, sujeitas à contaminação de variabilidades interanuais e decadais⁶¹.

⁵⁷ IPCC (2001), p. 105.

⁵⁸ IPCC (2001), p. 106; 108.

⁵⁹ IPCC (2001), p. 106.

⁶⁰ IPCC (2001), p. 112.

⁶¹ IPCC (2001), p. 644-645.

7.2.2 Precipitação

A principal dificuldade em relação à precipitação está relacionada à sua grande variabilidade espacial, o que torna difícil determinar a precipitação média de uma região, bem como prognosticar as mudanças em seu regime⁶².

Globalmente, a precipitação sobre os continentes aumentou em cerca de 2% ao longo do século XX; porém, assim como a temperatura, não foi uma variação uniforme espacialmente nem temporalmente, conforme pode ser visualizado na figura 27. A faixa entre 30°N e 85°N vivenciou durante o século XX aumentos médios entre 7 e 12% nos totais de precipitação, assim como aumentos na quantidade de vapor d'água na atmosfera, mais marcantes sobre o Canadá, Estados Unidos e norte da Europa, enquanto na China, na Rússia e na Europa mediterrânea as tendências têm sido mais variáveis. Um pouco mais ao sul, é notória a tendência de ressecamento do Sahel, especialmente no período 1946-1975, mas que parece ter sido amenizada em sua parte ocidental no período seguinte. Na Ásia de monções, não pode ser detectada uma tendência clara, pois ocorre grande variabilidade interanual. A zona entre 0° e 55°S apresentou ao longo do século um incremento médio de 2% nos totais pluviométricos, mais concentrados sobre a Austrália, sudeste da África, nordeste brasileiro e Argentina⁶³.

⁶² IPCC (2001), p. 431.

⁶³ IPCC (2001), p. 142-143.

Figura 27 (a a d) – Tendências de mudanças na precipitação ao longo do século XX: (a) 1910 a 1945; (b) 1946 a 1975; (c) 1976 a 1999; (d) 1900 a 1999 (IPCC, 2001, p. 144).

7.2.3 Derretimento de geleiras

Registros de satélite indicam que a extensão da cobertura de neve sobre os continentes no hemisfério norte diminuiu em cerca de 10% desde 1966 e especialmente a partir da década de 1980 na América do Norte e na Eurásia, devido a decréscimos na primavera e no verão, enquanto no outono e no inverno não ocorreram mudanças significativas. Há séries de dados mais longas que sugerem que a cobertura de neve do

hemisfério norte na primavera e no verão na década de 1990 foi a menor dos últimos 100 anos⁶⁴.

Com relação aos glaciares de montanhas, verdadeiros símbolos do aquecimento global, observa-se uma retração generalizada, iniciada em meados do século XIX para as latitudes baixas e médias e um pouco mais tarde para latitudes altas. No entanto, sabemos que os glaciares geralmente não estão em equilíbrio com as condições climáticas dominantes de suas localidades. O tempo de resposta dos glaciares citados pelo IPCC às variações de temperatura, por exemplo, podem variar entre 10 e 70 anos e, se considerarmos que muitos deles já denotam retrações em meados do século XIX, é razoável supor que estejam respondendo a variações de temperatura ocorridas em períodos ainda mais remotos, o que entra em contradição com a hipótese geralmente aceita do aquecimento global, de que uma elevação substancial das temperaturas só começa a ser sentida a partir do início do século XX. Tais discrepâncias, afirma o IPCC, permanecem inexplicadas⁶⁵.

O balanço de massa dos glaciares (quantidade de gelo que estão ganhando ou perdendo) é escassamente conhecido. Registros de balanço de massa com duração superior a 20 anos existem para apenas cerca de 40 glaciares no mundo todo, e apenas cerca de 100 deles dispõem de registros superiores a cinco anos, números ínfimos diante dos mais de 160.000 glaciares existentes no planeta. Desses glaciares monitorados, a maioria é pequena (menos de 20 km²) e não representativas da classe de tamanho que contém a maior parte da massa (mais de 100 km²); além disso, muito poucos dispõem de dados de verão e de inverno, a cobertura geográfica é deficiente e ocorrem importantes variações regionais – alguns glaciares vêm perdendo massa, enquanto outros vêm ganhando⁶⁶.

⁶⁴ IPCC (2001), p. 123-124.

⁶⁵ IPCC (2001), p. 127-129.

⁶⁶ IPCC (2001), p. 648.

Glaciares

Figura 28 – Registros da evolução da extensão de vinte glaciares de diferentes partes do mundo entre 1500 e 2000 (IPCC, 2001, p. 128).

Uma maneira de lidar com a insuficiência de dados do balanço de massa dos glaciares é estimá-los em função das mudanças climáticas ocorridas no local, de acordo com a sensibilidade estimada dos glaciares às variações de temperatura. Os valores obtidos através de observações e estimativas sugerem que os glaciares, de maneira geral, reduziram-se ao longo dos últimos 100 anos.

Em relação ao gelo marítimo, observações de satélites a partir de meados da década de 1970 sugerem uma diminuição da extensão do gelo do Ártico de $2,8 \pm 0,3\%$ por década, mais marcante no hemisfério oriental durante o verão. Sua espessura, medida por sonares de submarinos americanos e britânicos a partir de 1958 reduziu-se em 42%, de 3,1 para 1,8 metros entre 1958 e 1976, enquanto entre 1976 e 1996, o decréscimo médio foi de 43%, consistente com a elevação das temperaturas nessa região. Contudo, apesar desses resultados dramáticos, não se pode afirmar se essas mudanças representam uma tendência de longo prazo ou algum tipo de variabilidade multi-decadal⁶⁷.

Enquanto a extensão e a espessura do gelo do Ártico parecem ter se reduzido nos últimos 20 anos, as mudanças no gelo da Antártida foram insignificantes. Seu gelo marítimo apresentou, no período entre 1979 e 1996, um leve aumento de $1,3 \pm 0,2\%$ por década. Nos últimos 50 anos, a maior parte do continente aqueceu-se apenas $0,5^{\circ}\text{C}$, com a notável exceção da península Antártica, que se aqueceu por volta de 2°C desde a década de 1940 por razões ainda não esclarecidas, levando à retração e ao colapso de algumas geleiras e fazendo a ilha James Ross ser circumnavegável pela primeira vez desde que foi descoberta, no início do século XIX⁶⁸.

Para as geleiras da Groenlândia e da Antártida, existem simulações de modelos recuando até 500 anos atrás, cujos resultados sugerem uma contribuição da Groenlândia para o nível do mar entre $-0,1$ e 0 mm/ano (ou seja, a ilha estaria ganhando massa) e da Antártida entre $0,1$ e $0,5$ mm/ano. Com relação aos últimos 100 anos, os papéis se invertem: os modelos sugerem que a contribuição da Groenlândia está entre 0 e $0,1$ mm/ano e a da Antártida entre $-0,2$ e 0 mm/ano⁶⁹.

O continente antártico possui gelo suficiente para, em caso de derretimento, fazer o nível do mar subir 61 metros, dos quais seis poderiam ser atribuídos à porção

⁶⁷ IPCC (2001), p. 124-126.

⁶⁸ IPCC (2001), p. 124-126; 446.

⁶⁹ IPCC (2001), p. 652-653.

ocidental do continente e o restante à porção oriental. A Antártida ocidental é alvo de intensas controvérsias sobre seu futuro em um planeta mais quente, com relação ao derretimento ou colapso de sua calota de gelo e sua contribuição para a subida do nível do mar. Contudo, há uma concordância geral entre os pesquisadores de que esse eventual derretimento não terá uma magnitude significativa nos próximos séculos, mesmo sob os cenários mais pessimistas. Já a desintegração da calota da Antártida oriental requeriria um aquecimento planetário de mais de 20°C, um evento do qual não se tem registro pelo menos nos últimos 15 milhões de anos⁷⁰.

7.2.4 Nível do mar

As principais fontes de dados para as tendências de elevação do nível do mar ao longo do último século são os registros das variações das marés. Porém, sabemos que o nível do mar apresenta variabilidades interanuais e decadais significativas, tornando necessárias séries de dados bastante longas e de grande cobertura espacial para podermos atingir estimativas confiáveis. Infelizmente, a maioria dos dados disponíveis hoje ainda não satisfazem adequadamente estas exigências, o que nos força a buscar métodos complementares de investigação, como a modelagem. Com base na análise dos dados e dos resultados dos modelos, podemos concluir, pois, que o nível do mar vem se elevando em cerca de 1 mm/ano para o período 1910-1990, um terço dos quais é atribuído à expansão térmica das águas oceânicas⁷¹.

⁷⁰ IPCC (2001), p. 678-679.

⁷¹ IPCC (2001), p. 661; 663.

Figura 29 – Contribuições para o nível do mar entre 1910 e 1990 calculadas por AOGCMs (IPCC, 2001, p. 666).

Para a década de 1990 em diante, já temos à disposição o recurso das medições do nível do mar através de altímetros de satélites, que não apresentam o inconveniente da pouca cobertura espacial. O satélite TOPEX/POSEIDON oferece-nos uma acurada cobertura de toda a faixa entre as latitudes 66°N e 66°S a partir de 1992, ainda curta para os objetivos em voga. Seus resultados estão ilustrados na figura 30, comparados às variações de temperatura ocorridas no período, e dão-nos uma estimativa de elevação do nível do mar de $1,4 \pm 0,2$ mm/ano, com um aumento pronunciado nos anos 1997-1998. Não nos esqueçamos, porém, que estes foram anos de ocorrência de um forte El Niño, evento que provoca elevações e posteriormente decréscimos do nível do mar de até 20 mm, indicando em nossos estudos a dificuldade na diferenciação entre tendências de longo prazo e variabilidades do sistema⁷².

⁷² IPCC (2001), p. 663-664.

Figura 30 – Variações globais no nível médio do mar computadas dos dados de altímetro do satélite TOPEX/POSEIDON (linha mais clara) comparadas às variações globais da temperatura da superfície do mar (linha mais escura) de 1993 a 1998 (IPCC, 2001, p. 663).

7.2.5 *El Niño*

Registros instrumentais dos últimos 120 anos sugerem que, a partir de meados da década de 1970, os eventos El Niño passaram a apresentar um comportamento considerado pouco usual, tornando-se mais freqüentes, intensos e/ou persistentes, como atestam os fortes eventos de 1982-83 e de 1997-98, que tornaram as águas do Pacífico tropical mais quentes e influenciaram o comportamento da precipitação e da temperatura de muitas áreas tropicais, subtropicais e de latitudes médias. No entanto, não está claro ainda se esta tendência persistirá⁷³. O regime de monções do sul da Ásia, que sempre se acreditou estar inversamente relacionado ao El Niño – fortes El Niños gerando fracas monções – parece ter sido invertida nas últimas duas décadas do século XX, com uma intensificação do regime monçônico⁷⁴.

⁷³ IPCC (2001), p. 150-151.

⁷⁴ IPCC (2001), p. 152.

7.2.6 *Eventos extremos*

Em se tratando de eventos climáticos extremos, como sua ocorrência é menos usual, seriam necessários dados de grandes áreas e de longos períodos de fenômenos semelhantes para se detectar alguma tendência, dados estes que freqüentemente não estão disponíveis. Ainda assim, o IPCC cita uma série de estudos regionais para a partir deles extrair alguma conclusão. Sobre a ocorrência de ciclones tropicais no Pacífico, no Índico e no Atlântico norte, o IPCC afirma haver uma considerável variabilidade interdecadal, mas não foi identificada qualquer tendência significativa de aumento ou diminuição seja do número, seja da intensidade desse tipo de tempestade⁷⁵. Já em relação aos ciclones extra-tropicais, o IPCC conclui que ocorreu uma tendência de aumento de sua atividade durante a segunda metade do século XX no hemisfério norte e uma diminuição no hemisfério sul – coerente com as variações de pluviosidade observadas –, mas os mecanismos envolvidos nestas tendências ainda não estão suficientemente esclarecidos e não se pode afirmar se são apenas flutuações multi-decais ou parte de uma tendência de longo prazo⁷⁶. Sobre os eventos extremos locais, como tornados, tempestades e granizo, existe grande variabilidade espacial e temporal, não podendo ser identificadas tendências de mudanças em longo prazo sobre grandes áreas⁷⁷.

Finalizado todo o diagnóstico das mudanças climáticas ocorridas no último século e meio,

“Concluimos que as variações e tendências dos indicadores examinados sustentam consistentemente e muito fortemente um aumento da temperatura da superfície global durante pelo menos o último século, embora seja muito provável que tenham ocorrido desvios substanciais de curto prazo globais e regionais em relação a essa tendência de aquecimento”⁷⁸.

⁷⁵ IPCC (2001), p. 160-161.

⁷⁶ IPCC (2001), p. 161.

⁷⁷ IPCC (2001), p. 163.

⁷⁸ IPCC (2001), p. 164.

7.3 Projeções para o século XXI

7.3.1 Os modelos

A maneira mais largamente usada para prever climas futuros são os chamados GCMs, empregados em diversos institutos de pesquisa e universidades, e considerados “laboratórios numéricos” do clima. Os GCMs envolvem representações matemáticas de processos climáticos numa teia tridimensional de pontos na superfície da Terra, na troposfera e na estratosfera. Para cada cubo da teia, são computados os dados que incluem temperatura, precipitação, ventos, umidade e pressão, cuja interação é representada tão acuradamente quanto permitem nosso conhecimento e o desenvolvimento de nossos computadores. A acurácia dos modelos pode ser testada de várias maneiras, como compará-los com o clima verdadeiro em pequenas escalas de tempo para ver como eles simulam variações sazonais, ou simulando climas passados razoavelmente conhecidos. Uma vez que o modelo foi considerado satisfatório, ele pode ser rodado para reproduzir cenários de possíveis climas futuros. Podemos rodá-lo várias vezes com todos os parâmetros conservados, com exceção das concentrações de gases estufa, que são diferenciadas, até que ele atinja as condições de equilíbrio. As diferentes simulações são então comparadas com o modelo-controle e as diferenças entre eles são identificadas para indicar o quanto as condições de equilíbrio futuras podem diferir das presentes⁷⁹.

Os estudos sobre a projeção de mudanças climáticas futuras empregam um conjunto de modelos que fornecem indicadores da resposta global, ou até mesmo regional, às mudanças nos componentes do sistema climático. Durante a década de 1980, os modelos predominantes na simulação climática eram chamados modelos de Circulação Geral Atmosférica (AGCMs, em inglês), que continham equações descrevendo a evolução no tempo da temperatura, dos ventos, da precipitação, do vapor d’água e da pressão, combinadas a uma camada oceânica simples e não-dinâmica de aproximadamente 50 metros de profundidade da qual calculava-se apenas a temperatura. Por conta dessa pequena profundidade, tais modelos não forneciam

⁷⁹ Whyte (1995), p. 94-95.

indicações sobre mudanças na dinâmica oceânica decorrentes de um aumento da temperatura. Os resultados dos primeiros modelos representaram as primeiras bases para as preocupações da sociedade sobre as consequências do aumento das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono⁸⁰.

No final da década de 1980, começaram a ser rodados modelos mais complexos, os chamados Modelos de Circulação Geral Atmosférica e Oceânica (AOGCMs), e os resultados preliminares de dois desses modelos apareceram no primeiro relatório do IPCC, em 1990, e de quatro modelos no relatório complementar de 1992, que supunham um aumento das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono a uma taxa de 1% ao ano. A inclusão do oceano completo apontou que o aquecimento nas altas latitudes não era tão uniforme quanto os modelos anteriores sugeriam, pois nas regiões de mistura no fundo oceânico do Atlântico norte e nos oceanos do sul o aquecimento era menor do que em outras regiões de latitudes altas⁸¹.

O segundo relatório do IPCC apresentava uma coleção maior de AOGCMs e também os resultados dos dois primeiros modelos rodados com uma combinação de aumento de dióxido de carbono e de aerossóis de sulfatos para os séculos XX e XXI. Pela primeira vez, a combinação dos efeitos de aquecimento do gás estufa com os efeitos de resfriamento dos aerossóis produzia uma simulação mais realista, mais de acordo com as observações da evolução do clima ao longo do século XX. Experiências subsequentes tentaram quantificar e incluir forçamentos adicionais para os climas do século XX, com resultados projetados para o século XXI. Assumindo as concentrações de aerossóis estabilizadas nos níveis de 1990, as projeções desses modelos para diferentes aumentos nas concentrações de dióxido de carbono apresentavam aumentos de 1 a 4,5°C nas temperaturas médias do planeta para o ano 2100, resultados inferiores aos do relatório de 1990 em consequência da inclusão dos aerossóis. Já quando eram incorporados efeitos de possíveis mudanças futuras na produção antropogênica de aerossóis, as projeções eram ainda menores, entre 1 e 3,5°C para o ano 2100⁸².

⁸⁰ IPCC (2001), p. 530.

⁸¹ IPCC (2001), p. 530.

⁸² IPCC (2001), p. 530.

7.3.2 Os cenários

Em 1996, para atualizar e substituir a antiga série de cenários IS92, o IPCC começou a desenvolver um novo grupo de cenários que é descrito no Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (SRES). Foram desenvolvidos 40 cenários – dos quais 35 contêm dados sobre todos os gases necessários para a modelagem climática – para descrever as relações entre os fatores de emissões de gases e sua evolução no tempo. Os cenários estão distribuídos em quatro famílias, cada um representando uma quantificação específica delas, cobrindo uma grande extensão dos principais elementos demográficos, econômicos e tecnológicos causadores de emissões de gases estufa e de enxofre, sem levar em consideração a implantação de iniciativas climáticas adicionais, como as recomendadas pelo Protocolo de Kyoto⁸³. A seguir, uma breve descrição de cada família dos cenários SRES⁸⁴.

A1

A família de cenários A1 descreve um mundo futuro de crescimento econômico muito rápido, população global que atinge um pico na metade do século e declina a partir de então, e de rápida introdução de tecnologias novas e mais eficientes, onde as desigualdades regionais de renda *per capita* são reduzidas substancialmente. Esta família de cenários subdivide-se em três grupos que descrevem direções alternativas de mudanças tecnológicas na matriz energética: o grupo A1FI, de uso intensivo de combustíveis fósseis; o grupo A1T, de uso de fontes de energia não-fósseis; e o grupo A1B, de um balanço entre as fontes, ou seja, em que não se depende fortemente de uma fonte de energia em particular.

A2

A família de cenários A2 descreve um mundo muito heterogêneo, de preservação das identidades locais. Os padrões de fertilidade convergem muito lentamente, resultando num contínuo crescimento populacional. O desenvolvimento econômico é orientado regionalmente e o crescimento econômico *per capita* e as

⁸³ IPCC (2001), p. 531.

⁸⁴ IPCC (2001), p. 532.

mudanças tecnológicas são mais fragmentadas e lentas que em outras famílias de cenários.

B1

A família de cenários B1 descreve um mundo convergente com a mesma população global, que atinge um pico na metade do século e declina a partir de então, da mesma forma que na família A1, mas com rápidas mudanças nas estruturas econômicas em direção a uma economia de serviços e de informação, com a introdução de tecnologias limpas e eficientes. É dada ênfase a soluções globais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, incluindo melhorias pela igualdade, mas sem iniciativas climáticas adicionais.

B2

A família de cenários B2 descreve um mundo onde é dada ênfase a soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo de crescimento populacional contínuo, mas a taxas menores que as da família A2, níveis intermediários de desenvolvimento econômico, e mudanças tecnológicas mais rápidas e mais variadas que as das famílias B1 e A1.

Como ocorreu um atraso na aprovação do conjunto de cenários SRES, não foi possível incorporar todos os cenários aos modelos a tempo de publicar os resultados das simulações no terceiro relatório do IPCC. Por isso, foi escolhido um cenário de cada família, aquele cuja quantificação inicial melhor a representava – e não o mais provável, como podemos pensar –, para ter seus resultados publicados. Porém, devido a limitações de tempo e de recursos computacionais, a maioria dos grupos de modelagem conseguiu rodar somente os cenários A2 e B2, enquanto os restantes foram rodados com um modelo simples que passou por “*sintonização*” (“*tuning*”) com os AOGCMs escolhidos⁸⁵. Cada cenário é simulado pelo mesmo modelo mais de uma vez, com pequenas perturbações nas condições iniciais, e em seguida é calculada uma média das

⁸⁵ Modelos simples são modelos de complexidade reduzida, como por exemplo menor número de dimensões, que podem ter seus parâmetros ajustados aos de um modelo complexo. Sua grande vantagem é requererem menor potência computacional do que os AOGCMs, permitindo obter resultados e extrair conclusões semelhantes aos dos modelos mais complexos mesmo dispondo de menos recursos. Contudo, a simplicidade desses modelos implica em que alguns processos físicos importantes não são reproduzidos fielmente, o que redundaria em graus de incerteza maiores. IPCC (2001), p. 475, 531, 647.

diversas simulações; cada cenário é também simulado por diversos modelos e ao final calcula-se a média dessas simulações⁸⁶.

7.3.3 As projeções

7.3.3.1 Temperatura

A figura 31 representa as projeções de elevação da temperatura global de 1990 até 2100 para os seis cenários ilustrativos do pacote SRES calibrados a sete AOGCMs (GFDL_R15_a, CSIRO Mk2, HadCM3, HadCM2, ECHAM4/OPYC, CSM1.0 e DOE PCM) cuja sensibilidade climática (quanto o planeta se aquecerá caso a concentração atmosférica de dióxido de carbono equivalente dobre) é, em média, 2,8°C, além dos resultados dos cenários antigos IS92, empregando os métodos atuais. A área sombreada mais escura representa os resultados dos 35 cenários do pacote SRES que consideram todas as emissões de gases estufa obtidos por simulações dos resultados dos sete AOGCMs. A área sombreada mais clara apresenta os resultados calibrados aos parâmetros dos modelos DOE PCM e GFDL_R15_a, cujas sensibilidades climáticas são, respectivamente, 1,7°C e 4,2°C, a menor e a maior sensibilidade dos sete modelos considerados. As barras ao lado do gráfico representam a variação dos resultados de cada cenário para as sete calibrações de modelos. De acordo com os resultados obtidos, *o aquecimento previsto para 2100 varia entre 1,4 °C e 5,8°C*. Cabe notar que esses valores não correspondem aos extremos de possibilidades de mudança climática, mas aos extremos ditados pelos parâmetros dos modelos considerados, pois há modelos com sensibilidades climáticas maiores do que os considerados nestas simulações⁸⁷.

As simulações de modelos sugerem que o aumento das temperaturas médias será concretizado mais num aumento das temperaturas de inverno e das mínimas diárias, notadamente em toda a região do Ártico, centro e leste da América do Norte, Europa oriental, Ásia central, Coréia e partes da Antártida, com conseqüente redução da cobertura de neve nessas localidades. Os maiores aumentos de temperaturas máximas

⁸⁶ IPCC (2001), p. 534-535.

⁸⁷ IPCC (2001), p. 554-555.

diárias ocorrerão no centro e no sudeste da América do Norte, centro e sudeste da Ásia e África tropical. Os oceanos, de maneira geral, serão menos aquecidos que os continentes, especialmente as regiões próximas à Antártida e o Atlântico norte⁸⁸.

Figura 31 – Projeções de aumento da temperatura para os cenários SRES de 1990 a 2100 obtidas por modelos simples sintonizados a sete AOGCMs (IPCC, 2001, p. 555).

7.3.3.2 Precipitação

Conforme a temperatura aumenta, aumenta também a capacidade atmosférica de retenção de vapor d'água. Embora não seja obrigatório o aumento da evaporação sob temperaturas mais elevadas, é o que acontece em todos os modelos, mas com intensidades diferentes. É de se esperar que ocorra, pois, um incremento na precipitação média, mas que, por conta da maior liberação de calor latente, será mais concretizado

⁸⁸ IPCC (2001), p. 543; 571-572.

num aumento na intensidade dos eventos do que na frequência. O aumento será generalizado nos trópicos, especialmente nos oceanos, e nas latitudes médias e altas. Já nos cinturões sub-tropicais, regiões secas, é possível que essa característica seja intensificada com a elevação das temperaturas, pois pode aumentar também a evapotranspiração potencial⁸⁹.

Não existe concordância entre os modelos com relação a mudanças na atividade de tempestades extra-tropicais, embora esteja crescendo o número de estudos que apontam mudanças no sentido de aumento na frequência e intensidade dessas tempestades. Com relação aos ciclones tropicais, os estudos são um pouco mais seguros e apontam para um aumento na intensidade, mas pequenas modificações na frequência, sendo um aumento de 10% no hemisfério norte, especialmente no noroeste do Pacífico, e uma redução de 5% no hemisfério sul. Já quanto à ocorrência de tornados, granizo e relâmpagos, os atuais AOGCMs não podem fornecer previsões seguras sobre mudanças em frequência ou intensidade, porque esses fenômenos são menores do que a escala de resolução atualmente empregada⁹⁰.

7.3.3.3 Nível do mar

Espera-se que o aquecimento global também altere o nível médio do mar, através de dois processos: o derretimento das geleiras e, principalmente, a expansão térmica. Quando o oceano se aquece, suas águas se dilatam, fazendo com que ele aumente de volume mesmo mantendo sua massa constante. Essa expansão térmica pode ocorrer em todas as temperaturas oceânicas e acredita-se que seja a maior contribuição para a elevação do nível do mar observado durante o século XX e projetado para o século XXI. Contudo, a grande capacidade térmica dos oceanos implica em que haverá um atraso considerável antes que todos os efeitos do aquecimento da superfície possam ser sentidos em toda a profundidade oceânica. Como resultado, o nível médio do mar deverá continuar a subir por vários séculos após a estabilização das concentrações de gases estufa⁹¹.

⁸⁹ IPCC (2001), p. 432; 545; 572.

⁹⁰ IPCC (2001), p. 573-574.

⁹¹ IPCC (2001), p. 644.

A figura 32 ilustra os resultados das simulações de modelos para a elevação do nível do mar projetado para o período de 1990 a 2100, empregando-se os cenários do pacote SRES. Da mesma forma que as projeções de aumento da temperatura, foram empregados aqui modelos simples calibrados a sete AOGCMs (CSIRO Mk2, CSM 1.3, ECHAM4/OPYC3, GFDL_R15_a, HadCM2, HadCM3 e DOE PCM), cujas sensibilidades climáticas variam entre 1,7°C e 4,2°C. A região sombreada mais escura representa a amplitude da média desses AOGCMs para os 35 cenários SRES, enquanto a região sombreada mais clara representa a amplitude de todos os AOGCMs para os 35 cenários SRES. A região delimitada pelas linhas pretas representa a amplitude dos resultados de todos os AOGCMs e cenários incluindo incertezas em mudanças do gelo terrestre, permafrost e deposição de sedimentos. As barras do lado direito representam a amplitude de cada cenário. Incluídas todas as margens de incertezas, a projeção para a elevação do nível do mar entre 1990 e 2100 varia entre 0,09 e 0,88 metros⁹².

Figura 32 – Projeções de elevação do nível do mar para os cenários SRES de 1990 a 2100 (IPCC, 2001, p. 671).

⁹² IPCC (2001), p. 670-671.

7.4 Atribuição de causas

A atribuição de causas às mudanças climáticas envolve análises estatísticas e uma cuidadosa avaliação de múltiplas linhas de evidência para demonstrar, dentro de uma margem de erro especificada, que as mudanças observadas provavelmente não são totalmente devidas à variabilidade interna, são consistentes com a resposta estimada a uma dada combinação de forçamentos naturais e antropogênicos e não consistentes com explicações alternativas, fisicamente plausíveis, que excluam elementos importantes dessa combinação de forçamentos⁹³.

O IPCC cita diversos estudos que tentam estabelecer alguma correlação entre os fatores naturais e antropogênicos e as mudanças climáticas observadas. Modelando-se os fatores e sobrepondo-os à linha da evolução das temperaturas, o resultado é a figura 33, que ilustra as anomalias anuais de temperatura relativas à média do período 1880-1920, a partir de registros instrumentais, comparadas a combinações de quatro simulações de AOGCMs. O primeiro gráfico emprega apenas forçamentos de atividade solar e de vulcanismo, o segundo forçamentos antropogênicos de gases estufa, ozônio estratosférico e troposférico e efeitos diretos e indiretos de aerossóis de enxofre (não foram incluídos fatores ainda pouco conhecidos como efeitos de aerossóis de carbono orgânico, poeira mineral, aviação e efeitos radiativos de mudanças no uso da terra), e o terceiro um somatório de todos esses forçamentos⁹⁴.

A comparação entre o primeiro e o segundo gráfico sugere que, pelo menos até a primeira metade do século XX, os forçamentos naturais são bastante importantes para explicar as variações de temperatura, juntamente com os forçamentos antropogênicos. Várias reconstruções recentes estimam que a variação da radiação solar aumentou o forçamento radiativo na superfície terrestre entre 0,6 e 0,7 W/m² desde o Mínimo de Maunder e cerca de metade desse valor ao longo do século XX (compare-se com a figura 12 desse trabalho), o que corresponde, em efeitos diretos, entre 20 e 25% do forçamento devido aos gases estufa antropogênicos. Combinando-se o fator solar a uma fraca atividade vulcânica observada durante a primeira metade do século XX, temos que

⁹³ IPCC (2001), p. 700.

⁹⁴ IPCC (2001), p. 710-711.

o forçamento natural parece realmente ser uma parte importante da explicação da mudança observada⁹⁵.

Já na segunda metade do século XX, devido ao incremento da atividade vulcânica – como as erupções do El Chichón e do Pinatubo –, o forçamento natural passa a ser negativo, incompatível com a elevação das temperaturas e de outros indicadores como o aquecimento oceânico, degelo de glaciares, redução da calota do Ártico, invernos e noites aquecendo-se mais que verões e dias, enfim, uma discrepância muito grande para ser explicada recorrendo-se apenas à variabilidade interna do sistema ou a incertezas nos forçamentos. especialmente sua aceleração a partir de 1975. Nesse período, pois, a explicação mais plausível será mesmo a do forçamento antropogênico, como demonstra o segundo gráfico⁹⁶.

Por fim, o terceiro gráfico, combinando todos os forçamentos, adequa-se razoavelmente bem às mudanças de temperatura observadas, permitindo concluir que, embora os forçamentos naturais também sejam importantes, o forçamento antropogênico, especialmente aquele devido aos gases estufa, fornecem a melhor explicação para a evolução da temperatura ao longo do século XX, especialmente de suas últimas décadas⁹⁷.

O IPCC também conclui que o aquecimento mostrado pelas observações instrumentais ao longo dos últimos 140 anos é maior do que qualquer um obtido para um período semelhante através de simulações recuadas para até 1000 anos atrás. Três dos cinco anos passados desde a publicação do segundo relatório do IPCC (1995, 1996 e 1998) foram os mais quentes do último milênio. Se a variabilidade interna do sistema climático real não for maior que a dos modelos, *a mudança de temperatura observada nos últimos 140 anos, especialmente a das últimas décadas do século XX, pode ser considerada anormal e, portanto, provavelmente provocada por forçamentos externos*⁹⁸.

⁹⁵ IPCC (2001), p. 706.

⁹⁶ IPCC (2001), p. 706, 709, 714.

⁹⁷ IPCC (2001), p. 711.

⁹⁸ IPCC (2001), p. 714. O gráfico que evidencia esta tendência será apresentado e discutido na seção 7.5.3

Figura 33 (a a c) – Anomalias de temperaturas de superfície médias globais relativas à média do período 1880-1920 a partir de registros instrumentais comparadas a combinações de quatro simulações de AOGCMs. (a) forçamentos solares e de vulcanismo; (b) forçamentos antropogênicos de gases estufa, ozônio estratosférico e aerossóis de sulfatos; (c) todos os forçamentos, naturais e antropogênicos (IPCC, 2001, p. 710).

7.5 *Elementos de controvérsias*

7.5.1 *A elevação do nível do mar*

Ainda persistem muitas dúvidas sobre se o nível do mar está subindo e se esta subida é consequência do aquecimento global. As principais ressalvas a este ponto podem ser encontradas no próprio relatório do IPCC e foram expostas na seção 7.2.4: o nível do mar realmente exhibe grande variabilidade interanual e decadal e os dados disponíveis ainda são insuficientes. De acordo com Leroux, a elevação do nível do mar não pode ser compreendida simplesmente como resultado do aquecimento estufa, mas – assumindo que esta elevação do nível do mar seja real – devem ser considerados como fatores de sua subida uma possível alteração dos campos barométricos e, principalmente, os eventos El Niño. Tal fato pode ser facilmente notado através da observação da figura 34, que mostra uma *redução* do nível do mar após o aumento verificado em 1998. Não podemos descartar a possibilidade de que a ocorrência de eventos El Niño provoque uma elevação do nível do mar e, quando cessada sua atuação, os oceanos voltem ao “normal”. De acordo com Leroux, uma versão mais recente deste gráfico, compreendendo o período 1993-2003, também mostra uma elevação entre os anos 2002 e 2003 – também anos de ocorrência de El Niño⁹⁹.

⁹⁹ Leroux (2005), p. 421-424.

Figura 34 – Comparação entre a elevação global do nível do mar (em milímetros, linha mais escura), obtido através de medições do satélite TOPEX/POSEIDON, e temperatura média da superfície do mar (em graus Celsius, linha mais clara) de janeiro de 1993 a junho de 2000 (Paskoff, 2001, in Leroux, 2005, p. 422).

7.5.2 *O papel do vapor d'água*

Poucas pessoas não versadas em climatologia sabem que o mais importante gás estufa, ao contrário do que costuma ser apregoado, não é o dióxido de carbono, mas o vapor d'água, um gás de concentrações muito variáveis no tempo e no espaço na atmosfera. A importância atribuída a este gás para o efeito estufa global costuma variar entre 55% e 95% de acordo com os diversos autores que o consideram¹⁰⁰, números que demonstram não apenas sua importância mas também as margens de incerteza associadas aos processos em que este gás está envolvido.

¹⁰⁰ Leroux (2005), p. 85.

Figura 35 – Curva **a**: espectro de emissão de um corpo negro à temperatura de 6000K; curva **b**: irradiância solar no topo da atmosfera; curva **c**: irradiância solar ao nível do mar, com as áreas sombreadas representando as bandas de absorção de alguns gases atmosféricos. Note-se os diversos comprimentos de onda absorvidos pelo vapor d’água, muito mais que os do dióxido de carbono (Vianello; Alves, 1991, p. 170).

Um autor que dá grande importância ao papel do vapor d’água é Richard Lindzen, afirmando que “Mesmo que todos os outros gases estufa (como o dióxido de carbono e o metano) desaparecessem, ainda restariam 98% do efeito estufa atual”¹⁰¹. Diante desse papel preponderante do vapor d’água no balanço radiativo da atmosfera,

“é claramente inútil lidar com a mudança climática sem conhecimento e compreensão apropriados do comportamento dessa substância vital. Está igualmente claro que nosso conhecimento atual sobre o comportamento do vapor d’água é inadequado para esta tarefa”¹⁰².

Apesar de esta citação de Lindzen datar do início da década de 1990, permanece bastante atual, dado que os avanços ocorridos neste ponto desde então não podem ser considerados muito significativos. Muito se critica a maneira como o IPCC lida com o papel de gás estufa exercido pelo vapor d’água e os processos envolvidos, levando

¹⁰¹ Lindzen (1992), p. 88.

¹⁰² Lindzen (1991), p. 1.

alguns cientistas, como Leroux, a bradar que “na atmosfera do IPCC não há água!”¹⁰³. Exageros à parte, a afirmativa não é de todo descabida. O papel do vapor d’água como gás estufa é tratado de maneira muito rasteira no terceiro relatório do IPCC: é mencionado no capítulo 1, nas seções 1.1.2, 1.2.2 e 1.3.1, depois no capítulo 2, nas seções 2.5.1 e 2.5.3¹⁰⁴, para ser retomado somente no capítulo 7 e desaparecer nos capítulos seguintes (nos capítulos 10, 11 e 13, por exemplo, sequer aparecem as palavras *water vapour*). A razão para este aparente descaso pode ser encontrada no final do apêndice do capítulo 6, onde se lê: “É importante enfatizar que as mudanças no vapor d’água na troposfera são vistas como um mecanismo de realimentação ao invés de um agente de forçamento”¹⁰⁵. De fato, o vapor d’água não é tratado pelo IPCC exatamente como o mais importante gás estufa, mas sim como um elemento de mecanismos de realimentação, um simples amplificador do aquecimento induzido pelo dióxido de carbono – e é exatamente por isso que a pouca discussão sobre o vapor d’água se concentra no capítulo 7, sobre mecanismos de realimentação. Nessa discussão, o IPCC descreve distintamente o comportamento de duas camadas da troposfera, a camada limite (os primeiros um ou dois quilômetros de altitude) e a chamada “troposfera livre”, acima desta. A camada limite pode ser considerada como receptora de umidade diretamente por evaporação da superfície mas, como sua temperatura é semelhante à desta, sua quantidade de vapor d’água não tem significação direta para os mecanismos de realimentação. Já a troposfera livre recebe vapor d’água por uma variedade de processos de transporte e mistura e, como é a parte que retém, proporcionalmente, maior quantidade desse gás, será a camada mais importante no que diz respeito à realimentação. Entretanto, o comportamento do vapor d’água nessa região da troposfera não pode ser inferido a partir de argumentos termodinâmicos simples, pois é governado por uma gama de influências dinâmicas e microfísicas representadas com vários graus de fidelidade pelos modelos de circulação geral (um notável eufemismo para se dizer que o conhecimento sobre essa região atmosférica é ainda insatisfatório). Como o vapor d’água é um poderoso gás estufa, um eventual aumento de suas concentrações na troposfera livre conduziria a um incremento do efeito estufa; nos

¹⁰³ Leroux (2005), p. 95.

¹⁰⁴ IPCC (2001), p. 88, 91, 93, 142, 146.

¹⁰⁵ IPCC (2001), p. 406.

modelos atuais, este é o motivo mais importante para as grandes respostas da temperatura ao aumento antropogênico de gases estufa¹⁰⁶.

“O mecanismo de realimentação do vapor d’água continua a ser o mais consistentemente importante mecanismo de realimentação responsável pelo grande aquecimento previsto pelos modelos de circulação geral em resposta a uma duplicação do CO₂. O mecanismo de realimentação do vapor d’água atuando sozinho aproximadamente dobra o aquecimento em relação ao que aconteceria caso o vapor d’água se mantivesse fixo”¹⁰⁷.

Lindzen discordará visceralmente dessas considerações sobre o efeito amplificador do aquecimento relacionado ao vapor d’água. O esquema do balanço radiativo terrestre (ilustrado na figura 2 deste trabalho), nossa imagem habitual do papel exercido pelos gases estufa para a efetiva temperatura do planeta, dirá o autor, é profundamente incompleto. De acordo com Lindzen, se a temperatura do planeta fosse determinada puramente por processos radiativos, ela seria de cerca de 77°C, e não de 15°C. Nossa efetiva temperatura está, portanto, muito mais próxima da temperatura de corpo negro (-18°C) do que a resultante de um efeito estufa puro. Não queremos dizer com isso que o efeito estufa não existe – afinal de contas, 15°C é uma temperatura superior a -18°C –, mas apenas que sua importância para a determinação da temperatura do planeta não é tão grande quanto se costuma apregoar. Na verdade, também estão ativos processos de condução e convecção (transporte pelo movimento do ar), que desviam muito da absorção radiativa, transportando o excedente energético da região tropical em direção aos pólos e altitudes mais altas, principalmente através dos movimentos convectivos de nuvens do tipo cumulonimbus, pela circulação de Hadley e por distúrbios baroclínicos para latitudes e altitudes mais altas, onde o potencial de aquecimento estufa (opacidade à radiação infravermelha) é bem menor, conforme pode ser visualizado na figura 36¹⁰⁸:

¹⁰⁶ IPCC (2001), p. 421, 423, 425.

¹⁰⁷ IPCC (2005), p. 425.

¹⁰⁸ Lindzen (1990a), p. 293-295; (1990b), p. 425; (1990c), p. 46; (1991), p. 2-3; (1992), p. 88.

Figura 36 – Representação esquemática da opacidade infravermelha da atmosfera por latitude e altitude. A opacidade à radiação infravermelha é maior próximo ao solo e nos trópicos, e diminui conforme nos dirigimos para os pólos e para altitudes mais altas. As correntes de ar transportam energia para essas regiões de opacidade reduzida, de onde ela é irradiada para o espaço, contribuindo para o resfriamento do planeta. Infelizmente, essas regiões da atmosfera ainda são, comparativamente, menos conhecidas (Lindzen, 1991, p. 15).

Sabemos bem que esses processos de transporte de energia envolvendo o vapor d'água não são ainda suficientemente bem simulados pelos modelos disponíveis; sob tais circunstâncias, podemos nos perguntar como os atuais modelos conseguem simular as temperaturas do planeta e o sistema climático adequadamente. A resposta de Lindzen é a de que eles simplesmente *não conseguem*¹⁰⁹. O próprio IPCC reconhece essa inconveniência em diversos momentos, embora de maneira muito discreta, por exemplo, ao afirmar que a modelagem das precipitações estratiformes tem evoluído consideravelmente, mas a das precipitações convectivas ainda é, comparativamente, de qualidade muito inferior¹¹⁰. Em outra passagem, após descrever detalhadamente os progressos na modelagem das nuvens nos últimos anos, confessam que “Apesar dessas melhorias, não houve uma redução aparente das margens de incerteza associadas aos mecanismos de realimentação das nuvens nas atuais simulações de mudanças

¹⁰⁹ Lindzen (1991), p. 3-4.

¹¹⁰ IPCC (2001), p. 432.

climáticas”¹¹¹. Como o ciclo do vapor d’água nas nuvens, mais especificamente em sistemas convectivos, ainda é fracamente compreendido, os papéis do vapor d’água e das nuvens não são bem representados nos modelos climáticos; como resultado, ainda persistem, e persistirão por muitos anos, grandes incertezas sobre a atuação desse gás¹¹².

Os processos internos das nuvens são de importância primordial na determinação de seus efeitos radiativos e térmicos, que dependem da evolução do vapor d’água, gotas, partículas de gelo e aerossóis atmosféricos. As nuvens afetarão o saldo de radiação de maneira bastante complexa, pois elas refletem a radiação solar incidente, enquanto sua formação libera calor latente. Na verdade, as nuvens podem tanto refletir a radiação solar de onda curta em seus topos quanto absorvê-la; também absorvem e reemitem a radiação de onda longa da superfície terrestre. No primeiro caso, elas resfriam a superfície através da interceptação do fluxo solar, e no segundo elas aquecem as camadas mais baixas da atmosfera. A contribuição relativa desses efeitos dependerá também dos fatores altitude e latitude: as nuvens de altitudes mais baixas apresentam efeitos mais reflexivos, enquanto as mais altas atuam mais no sentido de absorção; em latitudes médias e altas, o resfriamento é mais notável, principalmente sobre os oceanos, com valores de até 100 W/m^2 , mas que decrescem na região tropical¹¹³. Tudo isso deveria ser levado em consideração nos intensos debates sobre o sentido dos mecanismos de realimentação associados às nuvens: ele seria positivo, ou seja, contribui para o aquecimento do planeta, ou negativo, contribuindo para o resfriamento¹¹⁴? Enquanto a primeira posição seja a predominante nos relatórios do IPCC, para Lindzen, tudo indica que a segunda posição seja a mais correta. Para sustentá-la, o autor explica o funcionamento das nuvens de tipo cumulonimbus, esquematizado na figura 37. Elas consistem em altas torres de ar ascendente, que se resfria nesse movimento, provocando a condensação do vapor d’água e sua queda na forma de chuva, de modo que quando essas nuvens atingem sua altitude máxima (por vezes 16 km), seu ar já está relativamente seco. No entanto, esses movimentos ascendentes não podem existir sem que haja movimentos subsidentes no entorno para compensá-los; essa subsidência atua no sentido de preencher a atmosfera acima de 3 ou 5 km de altitude com ar mais seco. Dessa forma, caso ocorra um aquecimento do planeta, a atmosfera acima de 5 km se tornaria mais seca – e não mais úmida, conforme sugere a maioria dos modelos – e a

¹¹¹ IPCC (2001), p. 431.

¹¹² Leroux (2005), p. 85.

¹¹³ Leroux (2005), p. 86-89.

¹¹⁴ Leroux (2005), p. 89.

convecção seria intensificada, elevando a altitude onde a energia seria liberada. Ambos os processos são mecanismos de realimentação negativa, e poderiam diminuir o efeito do aquecimento devido ao dióxido de carbono, ao invés de incrementá-lo, como normalmente é sugerido. No final das contas, a realimentação associada ao vapor d'água seria *negativa*, e não *positiva*, conforme acredita o IPCC¹¹⁵.

Figura 37 – Representação esquemática de uma nuvem cumulonimbus e dos processos envolvidos (Lindzen, 1990a, p. 297).

Podemos constatar, pois, a magnitude e importância dos processos de convecção, além da necessidade de aprimorar as pesquisas e abordagens sobre as propriedades das nuvens para a modelagem climática – pequenas alterações neste ponto podem fazer uma diferença dramática. O modelo do Serviço Meteorológico Inglês, por exemplo, inicialmente previu um aumento superior a 5°C para o dobro das concentrações de dióxido de carbono. Posteriormente, apenas mudando as propriedades ópticas das nuvens estratiformes, a previsão de elevação da temperatura passou a ser de menos de 2°C¹¹⁶. Esse tipo de revisão ocorre porque em boa parte dos modelos todas as realimentações entre aquecimento e água são consideradas positivas. Quando se reconhece que algumas delas podem ser negativas, é de se supor que a verdadeira

¹¹⁵ Lindzen (1990a), p. 296-297; (1990b), p. 425; (1991), p. 6-9.

¹¹⁶ Lindzen (1990a), p. 296; Molion (1995), p. 51.

resposta ao incremento de dióxido de carbono na atmosfera seja um aquecimento menos rigoroso que os anteriormente previstos¹¹⁷.

7.5.3 *A querela do taco de hóquei*

Uma das mais acirradas controvérsias sobre a hipótese do aquecimento global, ainda na ordem do dia, é a “querela do taco de hóquei”, nas discussões sobre se o clima do século XX pode ser considerado incomum, conforme discutido na seção 7.4. Vejamos como tudo começou¹¹⁸.

Em seu primeiro relatório, o IPCC publicou um gráfico mostrando a evolução da temperatura média global desde o ano 900 até o presente:

Figura 38 – Estimativas da evolução da temperatura média global ao longo do último milênio (IPCC, 1990, citado por Daly, 2000).

A curva reflete a existência de dois períodos climáticos distintos já descritos neste trabalho, o Optimum Climático Medieval e a Pequena Idade do Gelo. A evidência da curva é bastante clara: o Optimum Climático Medieval, aproximadamente entre os anos 1000 e 1300, foi mais quente do que o século XX – com o pequeno detalhe de que, àquele tempo, não só o desenvolvimento industrial não era exatamente comparável ao de hoje, como não há evidências de que esse aquecimento tenha sido acompanhado por qualquer alteração na concentração atmosférica de gases estufa oriundos de outras fontes (confira a figura 5 deste trabalho). Dessa forma, o período atual, que pode ser

¹¹⁷ Lindzen (1990a), p. 296.

¹¹⁸ Leroux (2005), p. 207-216.

considerado uma espécie de “retorno à normalidade” após os rigores da Pequena Idade do Gelo, foi precedido por um período ainda mais quente sem a interferência do presumido efeito estufa antropogênico¹¹⁹. O inconveniente dessas considerações é óbvio: se temos na história recente um exemplo de um período de cerca de 300 anos mais quente que o atual sem a interferência de gases estufa antropogênicos, como poderemos ter certeza de que o aquecimento supostamente verificado no século XX é devido a esses gases e, o que é mais grave, como poderemos rotular esse suposto aquecimento de “incomum”? Tais perguntas representavam uma verdadeira ameaça ao futuro da visão catastrofista das mudanças climáticas globais. A solução para esse impasse apareceria em dois artigos de autoria de Michael E. Mann, Raymond S. Bradley e Malcolm K. Hugues. O primeiro deles foi publicado na edição de 23 de abril de 1998 da revista *Nature*, discutindo a evolução das temperaturas globais nos últimos seis séculos, reconstruídas principalmente a partir de dados dendroclimáticos da América do Norte e secundariamente de geleiras, corais e registros históricos recolhidos predominantemente na América do Norte e na Europa ocidental, mas também em pontos isolados da Ásia, Austrália e Andes para os anos anteriores a 1900, com margens de incerteza que diminuem conforme nos aproximamos do presente; a partir de 1900, os dados são de termômetros de superfície. A conclusão a que os autores chegaram é a de que, mesmo levando-se em consideração as margens de incerteza, os anos 1990, 1995 e 1997 foram os mais quentes desde 1400 no hemisfério norte, sendo razoável supor que o forçamento devido aos gases estufa seja o responsável por essas temperaturas tão altas, bem como desponte como um fator cada vez mais dominante na definição das temperaturas do século XX¹²⁰. O segundo foi publicado na *Geophysical Research Letters* em 15 de março de 1999, com a mesma temática e metodologia, porém agora relativo apenas ao hemisfério norte e com as temperaturas recuando até o ano 1000. A conclusão é um pouco mais ousada que a do artigo anterior: no contexto do último milênio, o século XX é mesmo anômalo, a década de 1990 foi a década mais quente e o ano de 1998 – quando ocorreu um forte El Niño, não nos esqueçamos... – foi o ano mais quente do último milênio¹²¹. Ambos os artigos foram empregados pelo IPCC na elaboração de seu terceiro relatório, de onde retiramos o seguinte gráfico:

¹¹⁹ Leroux (2005), p. 207-208.

¹²⁰ Mann; Bradley; Hughes (1998), p. 779; 783-785.

¹²¹ Mann; Bradley; Hughes (1999), p. 762.

Figura 39 – Anomalias de temperaturas do hemisfério norte relativas à média de 1961 a 1990 (vulgo “taco de hóquei”). Em azul, a reconstrução por dados indiretos; em vermelho, dados diretos; em cinza, as margens de incerteza (IPCC, 2001, p. 134).

A curva de Mann *et al*, chamada no meio climatológico de “taco de hóquei” (*hockey stick*), por causa de seu formato, exhibe as variações de temperatura da superfície do hemisfério norte ao longo do último milênio (1000-2000). A curva faz simplesmente *desaparecer* os contrastes do Optimum Climático Medieval e da Pequena Idade do Gelo e substitui-nos por uma tendência mais linear, de um leve resfriamento interrompido por volta de 1900, quando se inicia uma gritante tendência de aquecimento sem precedentes nos nove séculos anteriores¹²².

Construído dessa forma, o taco de hóquei ignora uma grande quantidade de pesquisas extensas e sérias que atestam a ocorrência em todo o planeta dos dois períodos climáticos diferenciados do último milênio e faz o aquecimento do século XX parecer realmente dramático e incomum¹²³. Para o IPCC, tanto o Optimum Climático Medieval quanto a Pequena Idade do Gelo configuraram-se como mudanças de temperatura bastante modestas, fenômenos isolados, concentrados na região do Atlântico Norte, e não podem ser considerados mudanças climáticas em nível global.

¹²² Leroux (2005), p. 208.

¹²³ Leroux (2005), p. 210.

“evidências atuais não apóiam períodos globais e sincrônicos de aquecimento e resfriamento anômalo ao longo desse intervalo, e os períodos convencionados ‘Pequena Idade do Gelo’ e ‘Optimum Climático Medieval’ parecem ter utilidade limitada na descrição de tendências de mudanças de temperaturas médias hemisféricas ou globais nos séculos passados. Com os dados indiretos mais disseminados e reconstruções multi-indiretas de mudanças de temperaturas atualmente disponíveis, o caráter espacial e temporal dessas reputadas épocas climáticas pode ser reavaliado”¹²⁴.

O novo gráfico foi aceito pelo IPCC com uma velocidade impressionante, fazendo-o esquecer as conclusões de relatórios anteriores e convertendo-se em mais um maravilhoso ícone da máquina da propaganda do aquecimento global¹²⁵.

“Em toda ciência, quando é promulgada uma revisão tão drástica do conhecimento anteriormente aceito, acontecem consideráveis debates e um ceticismo inicial, com a nova teoria enfrentando um conjunto de desafios composto de críticas e intensas revisões. Somente se uma nova idéia sobrevive a esse processo ela se torna largamente aceita pelos poderosos grupos científicos e pelo público em geral.

Isto nunca aconteceu com o ‘taco de hóquei’ de Mann. O golpe foi total, incruento e veloz, com o artigo de Mann sendo aclamado por um coro de aprovação acrítica da indústria do efeito estufa. No intervalo de apenas 12 meses, a teoria tornou-se introjetada como uma nova ortodoxia”¹²⁶.

Daly pergunta-se o que teria levado a comunidade de pesquisadores em climatologia a aceitar o taco de hóquei tão rápida e acriticamente. Sim, é fato que vez por outra aparece em ciência alguma “descoberta” um tanto duvidosa ou mesmo falsa; no entanto, elas costumam ser rapidamente esquecidas ou refutadas. Por que não foi este o caso? A resposta de Daly é a de que o taco de hóquei foi aceito pela indústria da mudança climática apenas por um simples motivo: “ele dizia exatamente aquilo que eles **queriam** ouvir”¹²⁷.

Mas o taco de hóquei não passaria impunemente por muito tempo. Stephen McIntyre e Ross McKittrick, ao notarem alguns erros nos dados empregados por Mann *et al*, empreenderam uma revisão de todas aquelas séries de dados. O resultado foi um artigo publicado na revista *Energy & Environment* em 2003 (pesquisa para a qual os

¹²⁴ IPCC (2001), p. 135.

¹²⁵ Leroux (2005), p. 209.

¹²⁶ Daly (2000).

¹²⁷ Daly (2000). Grifo no original.

autores declaram não ter recebido financiamento de qualquer espécie), no qual a farsa do taco de hóquei foi finalmente desmascarada. Os autores concluíram que os dados empregados por Mann *et al* continham uma série de erros, truncagens e extrapolações injustificadas, dados obsoletos, cálculos de componentes principais incorretos, localizações geográficas incorretas e outros defeitos graves, que afetaram substancialmente os índices de temperaturas encontrados. Empregando-se dados corrigidos e atualizados (muitos deles já disponíveis quando o artigo de Mann foi redigido) e evitando-se cometer os erros, extrapolações e truncagens cometidos pelos autores, porém empregando-se a mesma metodologia, McIntyre e McKittrick chegaram à conclusão de que o formato de taco de hóquei do gráfico de Mann *et al* era *artificial, um simples resultado dos erros cometidos*, e apresentam o gráfico corrigido, comparado ao incorreto:

Figura 40 – Acima: índices de anomalias de temperaturas (°C) de 1400 a 1980 no hemisfério norte de acordo com Mann *et al*. Abaixo: o mesmo gráfico com os dados corrigidos por McIntyre e McKittrick (McIntyre; McKittrick, 2003, p. 765).

A principal conclusão a que se pode chegar observando o gráfico corrigido de McIntyre e McKittrick é a de que as temperaturas registradas no século XX *não são anômalas nem nos valores, nem na variabilidade* no contexto dos últimos 600 anos, pois são superadas por boa parte das temperaturas do século XV, fazendo-se pois incorretas as conclusões de que o século XX, a década de 1990 e o ano de 1998 foram os mais quentes do milênio, conforme afirmaram Mann *et al* e o IPCC. A seguir, os autores apresentam esses dois gráficos sobrepostos, usando uma média de 20 anos, para ilustrar melhor as incongruências.

Figura 41 – O gráfico anterior, com as curvas sobrepostas, usando uma média de 20 anos (McIntyre; McKittrick, 2003, p. 766).

Por fim, depois de todas as críticas e acusações de erros de cálculo, Mann e seus co-autores apresentaram uma correção de seus artigos em 1º de julho de 2004 na *Nature*, onde reconheceram os erros cometidos, mas ainda assim, cinicamente, mantiveram a confiança em sua pesquisa, afirmando ao final da correção que “Nenhum desses erros afeta nossos resultados anteriormente publicados”¹²⁸.

¹²⁸ Mann; Bradley; Hughes (2004), p. 105.

7.5.4 *Correlação versus co-variação*

Leroux atenta, em diversos momentos, para as possíveis confusões oriundas das tentativas de estabelecer alguma correlação entre dois ou mais fenômenos co-variantes. Para ilustrar mais facilmente esse problema, o autor usa uma metáfora simples: consideremos dois vizinhos, o senhor Souza e o senhor Silva, que saem de suas casas todos os dias por volta das sete da manhã. Quem observasse a rotina dos dois senhores ao longo de um ano poderia inferir uma correlação entre os dois fatos com um alto grau de confiabilidade: o senhor Silva sai de casa diariamente às sete porque o senhor Souza sai de casa diariamente às sete! Seria realmente esta a explicação mais razoável? Será que realmente existe uma correlação entre os fatos? Certamente que não; ocorre apenas uma *co-variação*, o que entretanto não significa dizer que eles não possam estar relacionados de alguma forma. Uma explicação mais plausível para a coincidência dos horários pode ser a de que os dois vizinhos, assim como tantos outros brasileiros, precisam sair para trabalhar e seus horários de trabalho são semelhantes. Esta confusão entre correlações e co-variações pode fazer-se sempre presente, demandando, pois, cautela na tentadora atitude de afirmar a existência de uma relação de causa e efeito entre duas variáveis cujos movimentos numa curva são semelhantes. Enquanto a co-variação não tiver algum significado físico importante ou não estiver satisfatoriamente esclarecida, permanecerá uma correlação puramente estatística, talvez induzida por algum fator externo, ou então uma feliz coincidência¹²⁹.

Suponhamos que a variação das concentrações de dióxido de carbono e de metano tenham mesmo determinado a evolução da temperatura durante os quatro últimos períodos glaciais; ainda assim seria necessário demonstrar as *causas* da variação dos gases estufa (posto que, até onde sabemos, a civilização industrial ainda não estava se desenvolvendo naquele momento) e explicar sua óbvia periodicidade. A afirmação de que os gases estufa podem ter amplificado os ciclos de glaciações não altera a natureza do problema, apenas transforma uma causa pensada primária (os gases estufa controlando a temperatura) em secundária (os gases estufa contribuindo para incrementar o aquecimento original). Conforme já discutimos sobre as curvas de Vostok, a causa primeira das variações de temperatura, de acordo com os autores dos

¹²⁹ Leroux (2005), p. 142-143 (no original, os dois vizinhos se chamam Smith e Jones).

estudos, é astronômica, o que nos permite indagar se as variações nas concentrações de dióxido de carbono e metano não seriam uma *consequência*, ao invés de *causa*, dos ciclos glaciais. O forçamento astronômico conduziria a um aquecimento inicial do planeta, provocando a liberação de dióxido de carbono dos oceanos para a atmosfera, que por sua vez amplificaria o aquecimento; posteriormente, quando o forçamento astronômico conduzisse a resfriamento, o oceano reabsorveria uma parte do dióxido de carbono atmosférico, amplificando o resfriamento e produzindo um período glacial. Tal hipótese é discutida por diversos autores, mostrando que a suposta correlação entre composição atmosférica e temperatura do planeta é um pouco menos simples do que pode parecer à primeira vista¹³⁰.

Assim, o efeito estufa induzido pelo dióxido de carbono não pode ser inteiramente responsabilizado pelas mudanças climáticas ocorridas em eras passadas, embora a ele comumente se atribua a culpa pelo suposto aquecimento global. Seria possível, porém, efetivamente estabelecer essa relação entre os níveis de dióxido de carbono e a evolução das temperaturas em período recente?

Pedimos ao leitor que compare as figuras 24 e 25, que retratam a evolução das temperaturas a partir de 1861, com as figuras 5 e 6, que apresentam a evolução das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono. Enquanto as concentrações deste gás estufa aumentam continuamente, as temperaturas não evoluem do mesmo modo: conforme já vimos, até 1940, ocorre um aquecimento que poderia ser considerado um “retorno à normalidade” após a Pequena Idade do Gelo, correspondendo, no entanto, a um aumento ainda leve das concentrações de dióxido de carbono, de maneira que o IPCC recorre também às hipóteses solares e do vulcanismo para explicá-lo; entre 1940 e 1970, apesar de as concentrações de dióxido de carbono continuarem se elevando, as temperaturas globais denotam um nítido decréscimo, então atribuído aos aerossóis de origem industrial, e que desencadeou o medo da iminência de uma nova era glacial; por fim, a partir da década de 1970, observamos um presumido aquecimento que de fato é acompanhado por um aumento substancial dos níveis de dióxido de carbono. Enfim, a tão apregoada relação quase determinística entre o dióxido de carbono e a temperatura somente se verificaria num período recente de pouco mais de 30 anos¹³¹.

Seria a co-variação desse período indubitável? A próxima seção lança algumas dúvidas.

¹³⁰ Leroux (2005), p. 175-176.

¹³¹ Leroux (2005), p. 218.

7.5.5 O monitoramento por satélites

Sabemos que, para detectar a ocorrência de variações climáticas e para avaliar o desempenho dos modelos, é de fundamental importância dispormos de séries de dados acuradas que nos mostrem a evolução da temperatura ao longo de um determinado período. Tais dados têm sido, em geral, obtidos a partir de termômetros instalados em diversos pontos da superfície do planeta, um método bastante razoável, mas que pode apresentar elementos de incerteza nas medições. Em primeiro lugar, a maior parte da superfície do planeta é coberta por oceanos, dos quais vastas áreas têm séries de dados ainda recentes ou nem mesmo começaram a ser monitoradas. Em terra, os registros se concentram nas áreas mais populosas, deixando áreas remotas também sem cobertura. Em segundo lugar, e derivado da cobertura esparsa em terra, está o problema da interferência dos efeitos das ilhas de calor urbano sobre os registros: as séries de dados mais longas e mais empregadas nos estudos sobre as variações recentes da temperatura média global foram geradas justamente nas grandes cidades, que cobrem uma pequena área do globo e denotam uma tendência de aquecimento muito mais relacionada aos efeitos locais de mudança no uso da terra do que a uma eventual elevação global da temperatura¹³².

Com o objetivo de evitar os inconvenientes dos registros de temperatura em superfície, John Christy e Roy Spencer (NASA) desenvolveram uma série de dados com base em observações de satélites MSU (*microwave sounding units*), que vêm sendo realizadas desde 1978 – período de elevadas emissões de gases estufa. Essas medições conseguem representar as variações de temperaturas de camadas profundas da atmosfera com base no fato de que o oxigênio atmosférico emite energia com uma intensidade proporcional à sua temperatura, permitindo-nos conhecer a temperatura da atmosfera – equivalente à do oxigênio – sem as interferências diretas do ambiente, podendo ser considerada a única série de dados verdadeiramente global e que usa um sistema de medida completamente homogêneo, isto é, um único “termômetro” para todo o planeta. Os resultados desta investigação foram publicados pela primeira vez na revista *Science*

¹³² Spencer; Christy (1990), p. 1558.

em 30 de março de 1990 e descritos em vários artigos desde então¹³³. Eis o gráfico elaborado com as séries de dados obtidos pelos satélites MSU:

Figura 42 – Anomalias hemisféricas e média global de temperatura obtidas através de satélites MSU para o período 1979-1988 (Spencer; Christy, 1990, p. 1560).

Os primeiros 10 anos de registros de satélites revelam grandes flutuações de temperaturas na baixa troposfera, porém *nenhuma tendência clara de longo prazo*. Os anos mais quentes, em ordem decrescente, foram 1987, 1988, 1983 e 1980, enquanto o período compreendido entre 1984 e 1986 foi dominado por temperaturas mais baixas¹³⁴. Dez anos depois, a equipe de Christy publicou outro artigo na *Science* sobre a investigação das temperaturas atmosféricas por satélites para o período compreendido entre 1979 e 1997 que chegava à mesma conclusão: *não há uma tendência significativa de elevação da temperatura*¹³⁵.

¹³³ Christy, in Jones (1997), p. 61-62; Spencer; Christy (1990).

¹³⁴ Spencer; Christy (1990), p. 1562.

¹³⁵ Gaffen *et al* (2000), p. 1242.

Figura 43 – Variações de temperaturas médias globais da baixa troposfera medida por unidades de sondagem de microondas (MSU) em satélites para o período 1979-1997 (Christy, in Jones, 1997, p. 66).

E o monitoramento por satélites segue adiante, elucidando uma notável variabilidade interanual da temperatura, sem demonstrar, porém, uma tendência nítida de aquecimento:

Figura 44 – Anomalias de temperaturas médias globais (°C) da baixa troposfera de 1979 a 2001, a partir de dados do Global Hydrology and Climate Center, Universidade do Alabama, EUA (Gray, 2002).

Alguns autores criticam os dados obtidos através dos satélites MSU com relação a variações orbitais, decaimento dos instrumentos ou os algoritmos básicos usados para estimar as temperaturas, entre outros problemas (veja-se, por exemplo, o artigo de

Hurrell e Trenberth publicado na *Nature* de 13 de março de 1997, e a resposta de Christy, Spencer e Braswell na edição de 25 de setembro de 1997 da mesma revista). No entanto, conforme são aplicadas formas de controle a esses problemas, os dados continuam a não mostrar aquecimento algum, ou então um aquecimento muito leve¹³⁶. Vale lembrar que não apenas esses dados de satélites apontam para ausência de tendência de aquecimento, mas também os dados de radiossondagem: no período entre 1979 e 1997, embora a superfície terrestre tenha registrado um aquecimento de 0,05 a 0,28 K por década, as temperaturas da baixa troposfera experimentaram uma variação pequena e, em muitos lugares, não significativa estatisticamente, entre -0,22 e +0,08 K por década no nível de 700 hPa e entre -0,26 e +0,08 K por década no nível de 500 hPa¹³⁷. Sim, o IPCC reconhece a diferença de tendências de elevação de temperaturas obtidas pelos termômetros de superfície e pelos satélites (respectivamente, de acordo com o terceiro relatório, +0,04°C e +0,16°C por década) e considera-a estatisticamente significativa, demandando mais pesquisas para ser esclarecida¹³⁸.

Christy assinala que muito da variabilidade verificada nos registros pode ser explicada pela ocorrência de eventos El Niño, que provoca elevação da temperatura, e de grandes erupções vulcânicas (como o El Chichón em 1982 e o Pinatubo em 1991), que provocam uma diminuição. Subtraindo dos registros de temperaturas médias por satélites as anomalias atribuídas aos eventos El Niño e somando as anomalias atribuídas às erupções vulcânicas, o autor encontra uma estimativa da temperatura média global sem essas influências e que apresenta, para o tempo de sua série de dados – 1979 a 1997 – *uma tendência de elevação da temperatura de cerca de 0,06°C por década*, uma magnitude consideravelmente menor do que a projetada pelos modelos do IPCC para o período, que está entre 0,08°C e 0,3°C por década¹³⁹. O resultado obtido por Christy não nos permite afirmar algo sobre quais seriam suas causas – é uma variação tão pequena que pode ser encaixada no quadro da variabilidade natural, mas também pode significar que o homem esteja provocando um *pequenino* impacto sobre o clima global – mas, de qualquer forma, definitivamente não é motivo para desespero¹⁴⁰. Nas palavras de Lindzen sobre os satélites, “Nós certamente não podemos afirmar que não ocorreu

¹³⁶ Balling Jr. (2000), p. 118.

¹³⁷ Gaffen *et al* (2000), p. 1242.

¹³⁸ IPCC (2001), p. 27-28, 102, 106, 123.

¹³⁹ IPCC I (1996), p. 438, citado por Christy, in Jones (1997), p. 70.

¹⁴⁰ Christy, in Jones (1997), p. 68-70.

qualquer aquecimento; entretanto, não pode ser dito que os dados demonstram tal fato”¹⁴¹.

Nossas habilidades de modelagem climática acurada ainda estão em desenvolvimento, e os dados mostram que o aquecimento registrado é bem mais modesto do que o previsto, sugerindo que não há tanta urgência na diminuição das emissões de dióxido de carbono, ao menos no que diz respeito a mudanças climáticas globais.

“Em outras palavras, o mundo não está ameaçado por uma iminente catástrofe de mudanças climáticas, pois elas são aparentemente bem pequenas em magnitude. Infelizmente, a retórica sobre o aquecimento global tem sido menos que científica e baseia-se, em muitos casos, em informações científicas de dez anos atrás e hoje sabidamente incorretas”¹⁴².

7.6 As (novas?) conclusões do quarto relatório

De maneira geral, o *Summary for Policymakers 2007* repete o mesmo credo dos relatórios anteriores, mantendo sua crença no aquecimento global antropogênico, agora mais fortalecida do que antes, demonstrada em afirmações mais categóricas e constantes menções aos progressos realizados nos últimos seis anos, relacionados à maior disponibilidade de dados, melhor compreensão dos processos climáticos e melhores simulações. Contudo, com exceção dos valores encontrados como resultado das simulações dos modelos, pouco se alterou.

No ano de 2005, as concentrações atmosféricas de dióxido de carbono atingiram a marca de 379 ppm, devido principalmente à queima de combustíveis fósseis e mudanças no uso da terra. O metano e o óxido nitroso, cujas elevações estão relacionadas às atividades agropecuárias, atingiram as concentrações de 1774 ppb e 319

¹⁴¹ Lindzen (1990a), p. 292.

¹⁴² Christy, in Jones (1997), p. 71.

ppb, respectivamente¹⁴³. O forçamento radiativo destes três gases somados é de $+2,3\text{W/m}^2$, enquanto o forçamento dos aerossóis é de $-0,5\text{W/m}^2$. Muito embora tenha havido progressos na compreensão do papel dos aerossóis no sistema climático – seu grau de certeza em relação aos efeitos diretos é agora classificado como *médio-baixo*, enquanto seus efeitos indiretos sobre o albedo das nuvens é classificado como *baixo* –, eles permanecem como a maior fonte de incertezas quanto aos forçamentos radiativos. Já o forçamento solar foi calculado em $+0,12\text{W/m}^2$ desde 1750, menos da metade do que foi considerado no terceiro relatório. O vapor d'água continua a ser tratado como agente de realimentação e as realimentações associadas a nuvens permanecem uma grande fonte de incertezas¹⁴⁴.

Onze dos últimos doze anos (1995 a 2006) estão entre os doze anos mais quentes registrados desde 1850. Deste ano até agora, o aumento observado na temperatura foi de $0,76^\circ\text{C}$, uma estimativa mais elevada do que a do terceiro relatório. Os efeitos do fenômeno da ilha de calor urbano sobre este valor podem ser considerados negligenciáveis, de menos de $0,006^\circ\text{C}$ por década. Novas análises de temperaturas da baixa e média troposfera obtidas por balões e satélites mostram que suas taxas de aquecimento são similares às demonstradas pelos registros de superfície, reconciliando grandemente a discrepância notada no terceiro relatório¹⁴⁵ – o que, até prova em contrário, soa-me como um novo taco de hóquei.

A elevação do nível do mar entre 1961 e 2003 foi de $0,18\pm 0,05$ metros por século, com uma aceleração nos últimos dez anos destes registros, resultando num total de 0,17 metros para o século XX, devido ao degelo de glaciares e à expansão térmica dos oceanos, embora ainda não esteja claro se se trata de uma variabilidade decadal ou de uma efetiva tendência de longo prazo. As temperaturas do Ártico elevaram-se a um ritmo duas vezes maior que a média global nos últimos 100 anos; no entanto, elas apresentam grande variabilidade interdecadal, e um período quente também ocorreu ali entre 1925 e 1945. Já a cobertura de gelo da Antártida não demonstra uma tendência significativa de mudança¹⁴⁶.

A precipitação vem aumentando significativamente no leste da América do sul e do norte, norte da Europa e norte e centro da Ásia, enquanto se verifica um ressecamento no Sahel, no Mediterrâneo, no sul da África e em partes do sul da Ásia,

¹⁴³ IPCC (2007), p. 2.

¹⁴⁴ IPCC (2007), p. 3, 9, 16.

¹⁴⁵ IPCC (2007), p. 4.

¹⁴⁶ IPCC (2007), p. 5-6.

embora se saiba que a precipitação apresenta grande variabilidade espaço-temporal e os dados sejam limitados em algumas regiões. Secas, fortes precipitações, ondas de calor e ciclones tropicais fazem-se mais freqüentes e intensos de maneira geral¹⁴⁷. O aumento observado na temperatura, bem como outras alterações climáticas, não podem ser explicados recorrendo-se somente a fatores naturais, sendo muito provável que sejam causadas pelo aumento antropogênico de gases estufa¹⁴⁸.

O IPCC mantém sua crença de que o aquecimento registrado no século XX é anormal no contexto dos últimos 1300 anos, no mínimo, mas de uma maneira ligeiramente mais cautelosa que no terceiro relatório. O taco de hóquei não aparece (por que será?), nem qualquer outro gráfico ou tabela que ilustre tais conclusões. O IPCC faz a ressalva de que “os dados indiretos (por exemplo, espessura de anéis de árvores) podem ser influenciados pela temperatura local e outros fatores como a precipitação, e freqüentemente são representativos de uma estação particular ao invés de anos inteiros”¹⁴⁹ – curiosamente a mesma ressalva feita por Daly ao criticar a metodologia empregada na construção do taco de hóquei... Também afirma que “Alguns estudos indicam maior variabilidade das temperaturas do hemisfério norte do que foi sugerido no TAR, particularmente com a descoberta de que períodos mais frios ocorreram entre os séculos XII a XIV, XVII e XIX”¹⁵⁰.

Em relação às projeções de mudanças futuras no clima, o quarto relatório prevê um aumento de temperaturas de 0,2°C por década para as próximas duas décadas e, mesmo que as concentrações de dióxido de carbono e aerossóis fossem mantidas nos níveis do ano 2000, esse aumento seria de 0,1°C, devido à resposta mais lenta dos oceanos. As projeções do quarto relatório foram elaboradas para os cenários SRES com base em um número maior de modelos, de maior complexidade e realismo, e estão ilustradas na figura 45 e na tabela 6.

¹⁴⁷ IPCC (2007), p. 6.

¹⁴⁸ IPCC (2007), p. 8.

¹⁴⁹ IPCC (2007), p. 8.

¹⁵⁰ IPCC (2007), p. 8. TAR é a sigla para *Third Assessment Report*, o terceiro relatório do IPCC.

Figura 45 – Projeções de aumento da temperatura (relativas à média do período 1980-1999) durante o século XXI segundo o *Summary for Policymakers* do quarto relatório do IPCC. As linhas sólidas vermelha, verde e azul representam combinações multi-modelos para os cenários A2, A1B e B1, respectivamente, exibidos como continuação das simulações do século XX, representado pela linha sólida preta. A linha sólida laranja representa a manutenção da composição atmosférica do ano 2000. As áreas sombreadas representam o desvio padrão das médias anuais de modelos individuais. O número de AOGCMs rodados para cada período e cenário é indicado pelos números coloridos – maior do que no terceiro relatório. As barras de cor cinza à direita indicam a melhor estimativa (linha sólida) e a amplitude de possibilidades avaliadas para os seis cenários SRES ilustrativos. Note-se que esta amplitude é maior do que a indicada no terceiro relatório (IPCC, 2007, p. 21).

	Mudança de temperatura (°C em 2090-2099 relativa a 1980-1999)		Aumento do nível do mar (metros em 2090-2099 relativo a 1980-1999)
Caso	Melhor estimativa	Amplitude de possibilidades	Amplitude baseada em modelos excluindo mudanças dinâmicas rápidas futuras no fluxo de gelo
Concentrações do ano 2000 constantes	0,6	0,3 – 0,9	NA
Cenário A1	1,8	1,1 – 2,9	0,18 – 0,38
Cenário A1T	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,45
Cenário B2	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,43
Cenário A1B	2,8	1,7 – 4,4	0,21 – 0,48
Cenário A2	3,4	2,0 – 5,4	0,23 – 0,51
Cenário A1FI	4,0	2,4 – 6,4	0,26 – 0,59

Tabela 6 – Projeções globais de aquecimento da superfície e de elevação do nível do mar no final do século XX para diferentes casos. As projeções do nível do mar não incluem incertezas de mecanismos de realimentação do ciclo do carbono, pois ainda faltam bases na literatura publicada (IPCC, 2007, p. 11).

Sob o cenário mais otimista, o B1, as temperaturas se elevarão entre 1,1 e 2,9°C para a última década do século XXI, e o nível do mar se eleva entre 0,18 e 0,38 metros. Já sob o cenário mais pessimista, o A1FI, as temperaturas estarão entre 2,4 e 6,4°C mais elevadas, e o nível do mar sobe entre 0,26 e 0,59 metros. O aquecimento continuará por séculos, caso as concentrações de gases estufa permaneçam nos níveis atuais ou se elevem, devido aos mecanismos de realimentação do sistema climático, à resposta dos oceanos e ao tempo requerido para a remoção do dióxido de carbono da atmosfera. E, apenas para mostrar os avanços desde Arrhenius, o aquecimento será mais pronunciado sobre os continentes e nas latitudes mais altas do hemisfério norte¹⁵¹.

7.7 Temos boas razões para acreditar?

Como vimos, a hipótese do aquecimento global não é hegemônica nem incontestável, persistindo ainda muitas dúvidas a respeito. Não apenas os “céticos” vem colocando a hipótese em xeque, mas o próprio IPCC reconhece em diversos momentos, embora muito discretamente, as dificuldades inerentes a esta investigação, como a falta de dados, a possibilidade de as “mudanças” observadas fazerem parte de uma variabilidade natural do sistema climático ou a incipiência da modelagem.

A reação mais imediata que podemos ter ao nos depararmos com o excesso de fé na modelagem climática praticado pelo IPCC seria a de total rejeição dessa prática. Na verdade, tal atitude é inadequada e requer um pouco mais de cautela. Poderíamos argumentar, por exemplo, que os modelos nada mais são do que construtos teóricos, algo muito diferente da realidade, e portanto inerentemente incapazes de representá-la adequadamente. As incertezas na modelagem surgem primeiramente dos dados requeridos para definir os estados iniciais, que podem ser de qualidade duvidosa ou de cobertura espaço-temporal insuficiente, ou até mesmo inexistentes. Os processos físicos

¹⁵¹ IPCC (2007), p. 10-12.

envolvidos também se apresentam como uma dificuldade crucial, pois nossos conhecimentos em climatologia são ainda pequenos comparativamente à tarefa a ser empreendida, qual seja, prever os climas para daqui a um século (se é que tal feito é possível). Um exemplo dessa dificuldade, já discutido, são os mecanismos de formação das nuvens e suas propriedades radiativas, o que nos conduz a mais um obstáculo, a resolução dos modelos, por vezes insuficiente para simular as nuvens e outros processos menores. Por fim, podemos citar as limitações impostas pela capacidade dos computadores, haja vista a potência necessária para rodar um AOGCM¹⁵². Muito embora a modelagem climática esteja longe de atingir a perfeição, há que se defendê-la, como fazem Essex e McKittrick: “comparados à realidade, os GCMs são primitivos e infantis, mas são os melhores de que dispomos e são coisas preciosas”¹⁵³. Não podemos dizer que a modelagem não tenha valor para a pesquisa ou como exercício acadêmico, de forma experimental; no entanto, o problema se torna um pouco mais complicado quando eles prevêem situações potencialmente perigosas. Os cientistas deveriam publicar tais previsões, pergunta Lindzen, sabendo-se quase com certeza que eles estão errados? Ou deve-se esconder do público informações perigosas? Talvez essas dificuldades pudessem ser contornadas se o público compreendesse o que são a modelagem, o sistema climático e todas as complexidades envolvidas, mas infelizmente existe uma tendência geral entre o público leigo de aceitar sem discussão qualquer informação gerada por um computador suficientemente potente¹⁵⁴.

Por que, pergunta Lindzen, existe tanta insistência em uma unanimidade dos cientistas sobre o aquecimento global? ¹⁵⁵. Afinal de contas, a unanimidade em ciência não é tão simples de ser atingida, muito menos em um assunto tão complexo e de maneira tão rápida. Lindzen cita uma hipótese, elaborada por Aaron Wildavsky, professor de ciência política em Berkeley, para explicar essa falsa unanimidade. Segundo este autor, o aquecimento global é a mãe de todos os medos ambientais. Sua hipótese e sua solução proposta – retirar carbono dos processos de produção e de consumo – consegue realizar o sonho ambientalista de uma sociedade igualitária, baseada no modelo capitalista de produção, redução populacional, vegetarianismo, diminuição do consumo de bens e recursos naturais. A causa do aquecimento global encaixa-se perfeitamente a uma série de projetos políticos pré-existentes, alguns

¹⁵² Leroux (2005), p. 129.

¹⁵³ Essex; McKittrick (2002), citados por Leroux (2005), p. 129.

¹⁵⁴ Lindzen (1992), p. 97.

¹⁵⁵ Lindzen (1992), p. 95.

legítimos, outros nem tanto: eficiência energética, menor dependência do petróleo do Oriente Médio, insatisfação com a sociedade industrial, competição internacional, anseio governamental por maiores receitas e poder¹⁵⁶.

A histeria climática deve também ser compreendida em seu contexto histórico. Durante o período da Guerra Fria, todos os setores relacionados à segurança nacional (como a NASA, o Departamento de Defesa e o Departamento de Energia, além de muitos outros centros de pesquisa tecnológica) receberam especial atenção e grandes somas de financiamentos por parte do governo norte-americano. Especialmente após a guerra do Yom Kippur, o setor energético tornou-se um componente crucial da segurança nacional, com a conseqüente criação de um grande quadro de especialistas neste setor, em busca de fontes alternativas de energia e de maior eficiência das fontes tradicionais. Com o fim da Guerra Fria e o relaxamento das tensões internacionais, o sentimento de urgência nas questões relacionadas à segurança, pelo menos na sua concepção tradicional, diminuiu, assim como os financiamentos destinados à pesquisa de maneira geral, fazendo surgir nos indivíduos envolvidos nesses setores um sentimento de necessidade de encontrar um “inimigo substituto” a ser combatido, de preferência algum que, ao mesmo tempo, coloque em risco a segurança nacional e que demande a continuidade de pesquisas e investimentos no setor energético, para esses profissionais poderem continuar exercendo suas atividades e seus empregos. *E qual inimigo se encaixa melhor neste quadro do que o aquecimento global?* Nada melhor do que apelar para uma catástrofe climática iminente para destacar a necessidade de financiamentos para as pesquisas em climatologia. De acordo com Lindzen, o número de cientistas a envolver-se com pesquisas climáticas e áreas correlatas, pelo menos nos Estados Unidos, tem ultrapassado significativamente os aumentos nos financiamentos – e nada melhor para remediar esta situação do que praticar a lógica do “paguem-nos ou vamos todos fritar”¹⁵⁷. Algumas passagens do último capítulo do relatório do IPCC, onde se delineiam as metas para os próximos estágios de pesquisa, deixam bastante claras as ambições da comunidade climatológica ligada à causa do aquecimento global, que, é claro, não se concretizarão sem uma generosa soma de investimentos em pesquisa:

¹⁵⁶ Lindzen (1992), p. 95.

¹⁵⁷ Lindzen (1992), p. 96.

“A meta é uma simulação completamente interativa dos processos dinâmicos, radiativos e químicos no sistema atmosfera-oceano-superfície terrestre com ênfase em caracterizar adequadamente o forçamento radiativo no passado, no presente e no futuro”¹⁵⁸.

“O desafio (...) é construir um programa internacional de ciência do sistema Terra, dirigido por uma missão em comum e questões em comum, empregando abordagens científicas visionárias e criativas, e baseada numa colaboração cada vez mais próxima entre as disciplinas, temas de pesquisa, programas, nações e regiões”¹⁵⁹.

Perguntamos: existe alguma maneira de atingir essa meta em curto e médio prazos sem usar de terrorismo científico?

Também a indústria, ao contrário do que se imagina, pode lucrar muito (e está lucrando) com a causa ambiental, ao melhorar sua imagem pública apoiando o ativismo ambiental, adotando tecnologias limpas, praticando a reciclagem e corrigindo seus crimes ambientais cometidos no passado¹⁶⁰. Os maiores perdedores em razão da histeria climática, dirá Lindzen, serão justamente as pessoas comuns, que terão sua percepção dos fenômenos adulterada, apartada da realidade, devido à insistência da publicidade científica sobre a causa do aquecimento global. Um exemplo citado pelo autor é bastante elucidativo sobre o perigo que tal percepção adulterada pode representar: o estado do Alabama vem apresentando uma pronunciada tendência de resfriamento desde 1935. Ainda assim, uma pesquisa de opinião realizada entre profissionais neste estado norte-americano concluiu que 95% dos participantes acreditavam que a região vem se aquecendo nos últimos 50 anos e que tal aquecimento era devido ao efeito estufa¹⁶¹. Mais do que por um contexto científico favorável, a hipótese do aquecimento global está fadada ao sucesso por sua aceitação popular: as pessoas *querem acreditar* que a natureza está se vingando da humanidade, *querem acreditar* que seremos castigados por nossos erros, *querem acreditar* que vivemos um momento decisivo, de grandes transformações. A história já nos deu um bom exemplo do tipo de calamidade que pode suceder quando se soma um povo propenso a aceitar certas crenças sem contestação e pequenos grupos dispostos a repetir-lhes incessantemente falsos estribilhos reforçadores destas crenças. Temos realmente a certeza de que tais fatos nunca mais se repetirão? A

¹⁵⁸ IPCC (2001), p. 781.

¹⁵⁹ IPCC (2001), p. 784.

¹⁶⁰ Lindzen (1992), p. 96.

¹⁶¹ Lindzen (1992), p. 96-97.

hipótese do aquecimento global é realmente um modo inofensivo de implantar alguma consciência ecológica nas massas ou, ao contrário, mais uma ferramenta inibidora de sua capacidade crítica, formatadora do pensamento, preparando terreno para a implantação de possíveis outras crenças, digamos, um pouco menos inofensivas? Deixamos ao leitor a possibilidade de refletir um pouco sobre estas colocações.

Enquanto a climatologia se dedica com tanto afincado a provar a hipótese do aquecimento global e elaborar estratégias de mitigação, a pesquisa climatológica básica vem padecendo de um relativo esquecimento. Ao longo de toda sua obra, Leroux resente-se da falta de convergência das teorias e das escolas de pensamento em climatologia e da ausência, ainda hoje, de um esquema geral coerente e eficaz da circulação atmosférica. Para o autor, a recorrência à hipótese do aquecimento global para explicar todo tipo de fenômeno climático – de ondas de calor a ondas de frio, de estiagens prolongadas a enchentes catastróficas, passando por degelos, furacões, nevascas, desertificações, El Niños e tantos outros – nada mais faz do que denunciar essa ausência e o impasse em que se encontra a climatologia, posto que não se recorre à circulação geral (desconhecida!), e sim a uma hipótese altamente dúbia, para explicá-los todos.

Numa tentativa de solucionar esse impasse, Leroux lança mão do conceito de *anticiclone polar móvel* (*mobile polar high*, sigla MPH), grandes centros de alta pressão localizados sobre ambos os pólos e gerados a partir do déficit térmico nessas regiões, especialmente durante o inverno, responsável pelo resfriamento e subsidência do ar, que ao acompanhar a rotação da Terra e atingir uma massa crítica afasta-se do pólo nas camadas mais baixas como um corpo lenticular móvel de ar denso, com aproximadamente 1500 metros de profundidade e entre 2000 e 3000 km de diâmetro¹⁶². A partir desse conceito, Leroux elabora um esquema de circulação geral atmosférica e com ele explica muitos fenômenos comumente atribuídos ao aquecimento global por desconhecimento de suas outras possíveis causas, como a seca no Sahel, a onda de calor na Europa em 2003, bem como diversos outros fenômenos tanto nas latitudes baixas quanto médias e altas. Nas palavras de Leroux:

“O conceito de MPH aplicado à circulação geral possui a vantagem de representar, no campo da pesquisa atual sobre o assunto, o único esquema a abarcar a causa inicial da circulação, e a causa de suas variações diárias, sazonais e mesmo

¹⁶² Leroux (2005), p. 153-154.

paleoclimáticas. Ele oferece um panorama completo e coerente da dinâmica dos fenômenos meteorológicos, incluindo todos os eventos, normais ou extremos”¹⁶³.

Mesmo depositando tanta confiança nos anticiclones polares móveis como uma explicação alternativa à hipótese do aquecimento global, o autor alerta que a aceitação deste conceito não é necessária para a rejeição das teorias e resultados apresentados pelo IPCC. Ninguém precisa compreender o funcionamento dos MPHs para contestar a veracidade do taco de hóquei, criticar o tratamento dedicado pelo IPCC ao vapor d’água ou assinalar a notável insuficiência de dados para se detectar um aquecimento do planeta nas últimas décadas¹⁶⁴.

Leroux considera prejudicial para a climatologia permanecer focada no suposto aquecimento global, pois “o foco sobre um efeito estufa antropogênico imaginário conduzido pela comunidade (política) científica efetivamente evitou a execução de boas pesquisas e desmoralizou muitos cientistas ao longo de décadas no campo da ciência climática”¹⁶⁵. **“A climatologia está na verdade desperdiçando seu tempo ao tentar demonstrar, a todo custo, um aquecimento inexistente”**¹⁶⁶. Para o autor, a climatologia tem mais o que fazer, como estudar os climas regionais, melhorar a previsibilidade de eventos extremos e desvendar alguns dos ainda muitos mistérios referentes à paleoclimatologia e ao El Niño¹⁶⁷.

O melhor remédio para a climatologia se curar da enfermidade do aquecimento global será o trabalho sereno, duro, objetivo e detalhado. Ao invés de desperdiçar tempo e energia em vãs conjecturas sobre como será o clima do planeta em 2100 ou no próximo milênio, ela deveria se direcionar para as verdadeiras questões, mais imediatas e mais urgentes, sair de seu impasse conceitual e procurar melhor compreender fenômenos normais e extremos¹⁶⁸.

“O que a climatologia *não* é, é uma desculpa para manipulações em nível planetário; nem é uma história de terror, uma fonte de material sensacionalista para jornalistas sem pauta, ou uma fornecedora de filmes de desastres. (...) O destino da climatologia não é ser uma recreação, fonte de itens de notícias e catástrofes: **seu**

¹⁶³ Leroux (2005), p. 170.

¹⁶⁴ Leroux (2005), p. 455-456.

¹⁶⁵ Jelbring (2004), citado por Leroux (2005), p. 459.

¹⁶⁶ Leroux (2005), p. 459. Grifos no original.

¹⁶⁷ Leroux (2005), p. 459-462.

¹⁶⁸ Leroux (2005), p. 467.

destino, como ciência da Natureza, é resolver objetivamente, desinteressadamente e com responsabilidade alguns dos problemas fundamentais da humanidade¹⁶⁹.

Afirmar que não existe aquecimento global não equivale a dizer, no entanto, que o clima não esteja evoluindo. A mudança climática, que *não* é sinônimo de aquecimento global, é um fato permanente: o clima sempre mudou, está sempre mudando e, até onde sabemos, continuará a mudar, não importa o que façamos. Temos, sim, o poder de mudar o clima, mas (pelo menos por enquanto!) apenas em escala local¹⁷⁰. E, mesmo que o planeta esteja efetivamente se aquecendo, perguntamos: *qual é o problema? Desde quando o clima do planeta tem a obrigação de se adaptar às necessidades humanas, a mudar somente quando e da maneira que nos seja conveniente?* Desde quando mudanças climáticas são uma novidade para este planeta?

“Se nós tivéssemos medições meteorológicas regulares dos últimos 5000 anos, nós veríamos séculos nos quais a temperatura subiu, outros em que ela baixou. Haveria observações de enchentes, secas, nevascas, entre outros, muito mais devastadores de que aqueles vistos nos últimos 100 anos. Para simplificar, o sistema climático natural não é um sistema estacionário. Focar apenas os últimos 18 anos e meio com satélites ou 100 anos com termômetros não nos fornece uma boa idéia do contexto apropriado no qual julgar as variações do século XX. Se nós observarmos o mundo um tanto obscuro dos dados indiretos – anéis de árvores, interior de geleiras e mares, corais e semelhantes – muitos registros não mostram nosso século como marcadamente diferente de outros no passado. Nossos desastres meteorológicos do presente (desastres, isto é, relativos ao conforto do ponto de vista humano) sempre fizeram parte da história do planeta¹⁷¹.

Podemos, por fim, perguntar: apesar de todas as incertezas, que mal pode haver em adotarmos algumas políticas preventivas, não muito drásticas, apenas para o caso de o problema do aquecimento global ser um pouco mais grave do que os céticos sugerem?

A esta pergunta, Philander responde com o alerta de que o aumento das concentrações de gases estufa tem sido exponencial, uma situação perigosa que clama por algum tipo de intervenção muito antes que se tenha plena clareza sobre a gravidade da situação, e compara a atitude de “esperar até termos certeza” a um jardineiro que cuida de um canteiro cuja população de lírios dobra a cada dia, até encher o canteiro no

¹⁶⁹ Leroux (2005), p. 469. Grifos no original.

¹⁷⁰ Leroux (2005), p. 459-460; 462.

¹⁷¹ Christy, in Jones (1997), p. 72.

dia 100. Caso o jardineiro decida tomar alguma providência quando um oitavo do canteiro estiver comprometido, quantidade suficiente para não mais restarem dúvidas a respeito da realidade do fenômeno, vai esperar até o dia 97 para prevenir um desastre no dia 100! De fato, aprimorar nossas pesquisas é importante, mas talvez seja mais importante reconhecer a natureza explosiva do problema, o crescimento exponencial. Prudência: é melhor agir cedo do que tarde¹⁷².

Ao contrário, a resposta de Lindzen é a de que, de acordo com os cenários elaborados, medidas leves de contenção de emissões não surtiriam qualquer efeito – para se ter uma idéia, se *todas* as emissões dos Estados Unidos, 20% do total mundial, fossem *interrompidas*, a redução da temperatura seria de pequenas frações de grau, que poderiam facilmente ser recuperadas através de outros processos de aquecimento, o que nos incita ao questionamento sobre a necessidade de implantação de políticas ilusórias de contenção de emissões diante de um quadro científico ainda de grandes incertezas¹⁷³. Será que o “princípio da precaução” não se aplicaria verdadeiramente aqui? Por que tentar adotar medidas de mitigação do efeito estufa altamente sacrificantes para boa parte da humanidade, quando seus possíveis efeitos são tão duvidosos? Estaria a climatologia da atualidade, com todas as suas lacunas, realmente apta para prever com tanta confiança o futuro dos climas do nosso planeta e decidir o destino das nações¹⁷⁴?

Para concluir este capítulo, gostaríamos de comunicar aos leitores que não pretendemos convencê-los, com todo o exposto acima, da impossibilidade de um aquecimento global antropogênico. Queremos dizer simplesmente que uma coisa é acreditar numa hipótese porque queremos, porque ela é conveniente ou porque nos conforta, e outra coisa é ter boas razões para acreditar nessa hipótese. No estágio atual de nosso conhecimento, é necessário reconhecer, não dispomos dessas boas razões para acreditar na hipótese do aquecimento global.

¹⁷² Philander (1998), p. 204.

¹⁷³ Lindzen (1990c), p. 47; (1990b), p. 427.

¹⁷⁴ Leroux (2005), p. 10; 457.

8. No limiar de um novo paradigma?

“Isto sabemos: a terra não pertence ao homem; o homem pertence à terra. Isto sabemos: todas as coisas estão ligadas como o sangue que une uma família. Há uma ligação em tudo.

O que ocorrer com a terra recairá sobre os filhos da terra. O homem não tramou o tecido da vida; ele é simplesmente um de seus fios. Tudo o que fizer ao tecido, fará a si mesmo”.

(*Carta do chefe Seattle*, 1854)

Para muitos *global warmers*, a causa das mudanças climáticas globais vai muito além de uma oportunidade de contestação ao modelo energético das nações poluidoras ou dos padrões de consumo da civilização ocidental: configura-se também como uma oportunidade de contestação à ciência “dominante” e, no limite, à própria razão. O problema do aquecimento global, bem como todos os outros elementos da “crise ambiental”, são encarados como um sintoma da imprescindibilidade de uma completa revisão nos nossos modos de pensar a natureza e de praticar a ciência. Na verdade, os homens sempre acreditaram estar vivendo um momento de crise, uma verdadeira reviravolta nos estilos de vida, nas concepções de mundo e nos valores. Nossa geração não só não é diferente como é ousada: ao contrário do que pensava Max Weber, para quem o destino de nosso tempo seria caracterizado “pela racionalização, pela intelectualização e, sobretudo, pelo ‘desencantamento do mundo’”¹, muitos acreditam que estamos vivenciando um *reencantamento do mundo*, que somos felizes atores e espectadores de uma gigantesca “*mudança de paradigma*”, a maior revolução científica que o mundo já conheceu e, conseqüentemente, uma drástica mutação em todos os

¹ Weber (1985), p. 51.

níveis teóricos². Não faltam gnosiologias alternativas sugerindo que “tudo está ligado a tudo” ou que devemos entrar em comunhão com o objeto, despidendo-nos dos preconceitos reducionistas das teorias da ciência institucionalizada, hoje não mais capaz de dar conta dos novos problemas. Neste capítulo, veremos como se configura essa “mudança de paradigma” na Geografia, impulsionada pelas questões ambientais, e apontaremos algumas de suas principais fragilidades.

8.1 O modelo de progresso científico de Thomas Kuhn

Alguns dos conceitos comumente empregados quando se fala em mudança científica, como revolução científica, mudança de paradigma e incomensurabilidade, foram consagrados por Thomas Kuhn, físico e filósofo norte-americano, na década de 1960. Sua obra mais importante, *A estrutura das revoluções científicas*, publicada pela primeira vez em 1962, provocou fortes impactos sobre a comunidade científica de então – e continua a provocá-los, embora com intensidade atenuada –, oferecendo uma alternativa ao modelo de progresso científico de Popper, positivista e realista convergente. Em matéria de progresso científico, Kuhn parece ser uma referência obrigatória – infelizmente, para muitos, é a única espécie de referência. Todos conhecem seu modelo de progresso científico, mas convém relatá-lo para situarmos os pontos necessários à nossa discussão.

A obra de Kuhn apresenta duas características notáveis: a primeira é a ênfase sobre o caráter revolucionário do progresso científico, em que as revoluções científicas se processam através do abandono de uma estrutura teórica em favor de outra, incompatível com aquela; a segunda é a ênfase sobre o papel desempenhado pelos elementos sociológicos das comunidades científicas³.

² Japiassu (1999), p. 113.

³ Chalmers (1993), p. 123.

Para iniciar, forneceremos a definição de Kuhn para o conceito central de sua obra: o *paradigma*.

“[Paradigmas são realizações] suficientemente sem precedentes para atrair um grupo duradouro de partidários, afastando-os de outras formas de atividade científica dissimilares [e] suficientemente abertas para deixar toda a espécie de problemas para serem resolvidos pelo grupo redefinido de praticantes da ciência”⁴.

Diante da notória imprecisão desta definição de paradigma, citamos as acepções deste conceito fornecidas por Laudan: um paradigma oferece um quadro geral para a classificação e explicação dos objetos naturais, ou seja, postula determinadas idéias sobre como é o mundo e especifica os métodos, técnicas e instrumentos de pesquisa para o estudo dos objetos no domínio de aplicação relevante⁵.

Um paradigma bem delimitado e consolidado conduz o que Kuhn chama de *ciência normal*, ou seja, a atividade científica cotidiana de solucionar problemas, sugerir hipóteses e assim por diante⁶, com vistas a aumentar o alcance e a precisão da aplicação do paradigma⁷. Esta fase do desenvolvimento científico mostra-se altamente cumulativa, correspondendo bem à imagem habitual do processo científico⁸. Por esse caráter cumulativo e de simples melhoria da articulação do paradigma, uma característica marcante da ciência normal é seu reduzido interesse em produzir grandes novidades, tanto no campo dos conceitos como no dos fenômenos⁹. O que atrairá o cientista para as atividades da ciência normal não será, então, propriamente o *resultado* a ser obtido – isso o paradigma, de certa forma, fornece antecipadamente –, mas o *método* para alcançá-lo. Por isso Kuhn compara a ciência normal à montagem de um quebra-cabeça: geralmente sabemos qual a figura a ser formada, e nem por isso nossa motivação se esvai; o envolvente da atividade está em descobrir novos métodos de resolução, mais rápidos ou mais eficazes. Nas palavras de Kuhn, “Resolver um problema da pesquisa normal é alcançar o antecipado de uma nova maneira”¹⁰.

Enquanto os paradigmas permanecerem seguros, sem contestações, podem funcionar sem a necessidade de algum acordo sobre as razões de seu emprego ou

⁴ Kuhn (1995), p. 30.

⁵ Laudan (1984), p. 68-69.

⁶ Chalmers (1993), p. 126.

⁷ Kuhn (1995), p. 58.

⁸ Kuhn (1995), p. 77.

⁹ Kuhn (1995), p. 57.

¹⁰ Kuhn (1995), p. 59.

qualquer tentativa de racionalização¹¹. Eventualmente, porém, fenômenos novos e insuspeitados serão descobertos¹², o que não será imediatamente encarado como uma falsificação do paradigma, mas apenas como uma falha do cientista ou, no máximo, como uma anomalia; os paradigmas podem enfrentar períodos de dificuldades, sem que isso chegue a configurar uma crise¹³. Se qualquer fracasso na tentativa de adaptação dos dados à teoria fosse motivo de rejeição, todas as teorias deveriam ser sempre rejeitadas¹⁴.

Por vezes as anomalias podem nem mesmo ser percebidas, devido ao fato de nossas mentes estarem “programadas” para o que devem “enxergar”. Kuhn, para demonstrar a existência dessa percepção programada, cita a famosa experiência das cartas anômalas de Bruner e Postman. Os dois cientistas pediram a um grupo de pessoas que identificassem cartas de baralho expostas em seqüência durante curtos períodos. A maioria das cartas era normal, mas algumas haviam sido adulteradas, como por exemplo um seis de espadas vermelho ou um quatro de copas preto. Quando tais cartas eram exibidas em meio às cartas normais, eram quase sempre identificadas como cartas normais sem qualquer hesitação ou perplexidade por parte das pessoas: o quatro de copas preto era imediatamente identificado como um quatro de espadas ou de copas comum. Somente após um aumento no número e no tempo de exposição das cartas anômalas as pessoas começavam a expressar certo desconforto e a perceber que havia algo de errado com esse baralho, até conseguirem, passado algum tempo, identificar com razoável facilidade as cartas anômalas¹⁵.

Esta experiência fornece uma bela metáfora para descrever o processo das mudanças científicas. De início, experimentamos somente o que é habitual e esperado, mesmo em circunstâncias a serem reconhecidas mais tarde como anomalias. À medida que tomamos maior familiaridade com essas anomalias, podemos perceber então que algo não está saindo como o previsto¹⁶. Inicia-se um período de acentuada insegurança

¹¹ Kuhn (1995), p. 73-74.

¹² Kuhn (1995), p. 77.

¹³ Kuhn (1995), p. 112.

¹⁴ Kuhn (1995), p. 186.

¹⁵ Kuhn (1995), p. 89-90. Kuhn fornece, mais adiante (p. 151), um exemplo real da importância da visão de mundo dominante na determinação dos rumos tomados pela ciência: ao tempo de Copérnico, quando os céus eram considerados imutáveis, não se percebiam neles fenômenos novos. Já a civilização chinesa, cujas crenças cosmológicas não excluía mudanças celestes, foi capaz de registrar o aparecimento de muitas novas estrelas no céu numa época muito anterior, bem como, mesmo sem o auxílio de telescópios, registrar de maneira sistemática o aparecimento das manchas solares séculos antes de serem observadas por Galileu e seus contemporâneos.

¹⁶ Kuhn (1995), p. 90-91.

profissional, disputas metafísicas e epistemológicas, expressões de descontentamento e tentativas de defesa radicais¹⁷. Chegará um momento em que as anomalias serão muito numerosas ou muito graves, questionando os fundamentos do paradigma, inibindo aplicações práticas de especial importância ou mesmo ganhando maiores proporções. Quando, por alguma dessas razões ou outras, uma anomalia parece ser algo mais do que um novo quebra-cabeça da ciência normal, é sinal de que o paradigma está irremediavelmente enfraquecido e está iniciada a transição para a crise¹⁸.

As crises adquirem especial importância no modelo de mudança científica de Kuhn, pois só elas são capazes de elucidar os pontos de falhas de um paradigma. Enquanto um paradigma mantiver sua capacidade de resolução de problemas, não haverá razão para modificá-lo; mesmo que surja uma teoria alternativa, ela só produzirá uma mudança de paradigma no momento da ocorrência de uma crise. Caso contrário, será esquecida, pois aparentemente não há problemas por ela resolvidos que já não o sejam pelo paradigma estabelecido¹⁹. Kuhn cita como exemplo da importância do advento das crises o episódio relacionado ao grego Aristarco, que já no século III a.C. propunha o sistema heliocêntrico. Afirma-se frequentemente que, se a ciência grega tivesse sido menos dedutiva e dogmática, o heliocentrismo poderia ter florescido dezoito séculos antes. Ora, fazer tal afirmação equivale a ignorar todo o contexto histórico, pois quando a sugestão de Aristarco foi feita o sistema geocêntrico ainda não apresentava qualquer problema que pudesse ser mais bem solucionado pelo sistema heliocêntrico²⁰.

As crises poderão terminar de três maneiras: através do tratamento satisfatório do problema pelo paradigma tradicional, através da desistência da resolução até surgirem teorias e métodos capazes de solucioná-lo ou, o caso que mais nos interessa, através da emergência de um paradigma rival, uma alternativa viável que de alguma forma demonstre sua superioridade em relação ao anterior²¹. É nesse momento que se processam as *revoluções científicas*, episódios de desenvolvimento em que um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior²². Este processo, contrastando com a fase de ciência normal, está longe

¹⁷ Kuhn (1995), p. 123.

¹⁸ Kuhn (1995), p. 113-114.

¹⁹ Kuhn (1995), p. 103, 105.

²⁰ Kuhn (1995), p. 103-104.

²¹ Kuhn (1995), p. 115-116.

²² Kuhn (1995), p. 125.

de ser cumulativo, configurando-se como uma verdadeira ruptura com os padrões anteriores:

“é antes uma *reconstrução* da área de estudos a partir de novos princípios, reconstrução que altera algumas das generalizações teóricas mais elementares do paradigma, bem como muitos de seus métodos e aplicações (...). Completada a transição, os cientistas terão modificado a sua concepção da área de estudos, de seus métodos e de seus objetivos”²³.

Muitos leitores certamente replicarão afirmando que o que muda na revolução científica é apenas a *interpretação* dos fatos, do que Kuhn discorda. Quando muda nossa interpretação dos fatos, mudam também os dados coletados, a construção das teorias e os métodos de investigação, totalmente transformados em muitos de seus detalhes²⁴.

O novo paradigma, para ser aceito, deverá ser mais bem-sucedido do que seus competidores na resolução de problemas que um grupo de cientistas considere graves ou importantes, mas não precisará explicar todos os fatos com os quais é confrontado nem ser totalmente bem-sucedido na resolução de um único problema ou notavelmente bem-sucedido com um grande número deles²⁵. Alguns problemas serão mais bem resolvidos, outros menos, sem que esses pontos de perda sejam considerados elementos de retrocesso e não de avanço no conhecimento científico; tudo dependerá das prioridades que a comunidade científica tiver no momento da revolução. Note-se aqui a importância – antecipada no início deste capítulo – atribuída por Kuhn à interferência de fatores sociológicos em todas as fases do desenvolvimento científico, mas principalmente durante as revoluções. Essa importância fica ainda mais nítida diante das afirmações de Kuhn de que quase sempre as mudanças de paradigma são conduzidas por cientistas jovens, em virtude de seu pouco comprometimento com o paradigma antigo, consequência de sua prática científica ainda limitada²⁶.

Paradigmas diferentes ensinam coisas diferentes sobre o mundo e exigem com frequência uma total redefinição das teorias, métodos e objetivos da ciência correspondente. Como consequência, a ciência normal que emerge de uma revolução científica não será simplesmente intraduzível ou incompatível, mas verdadeiramente

²³ Kuhn (1995), p. 116 (grifo nosso).

²⁴ Kuhn (1995), p. 157.

²⁵ Kuhn (1995), p. 36, 44.

²⁶ Kuhn (1995), p. 122, 184.

incomensurável com sua precedente²⁷. Incomensurabilidade é outro conceito central da obra de Kuhn: de acordo com este conceito, não será possível a comunicação inteligível entre proponentes de paradigmas rivais, posto que cada um deles explicitará uma visão de mundo diferenciada:

“quando duas escolas científicas discordam sobre o que é um problema e o que é uma solução, elas inevitavelmente travarão um diálogo de surdos ao debaterem os méritos relativos aos respectivos paradigmas. Nos argumentos parcialmente circulares que habitualmente resultam desses debates, cada paradigma revelar-se-á capaz de satisfazer mais ou menos os critérios que dita para si mesmo e incapaz de satisfazer alguns daqueles ditados por seu oponente”²⁸.

Em trabalho posterior, Kuhn inclui um conceito que clarifica a relação entre as revoluções científicas e a incomensurabilidade: é a *especialização*. Após uma revolução, normalmente emergem novas especialidades científicas, seja por separação de um ramo, seja por unificação de ramos antes separados, que pouco a pouco vão produzindo seus próprios periódicos, suas próprias sociedades profissionais, seus próprios laboratórios e finalmente seus próprios departamentos. Terão novos objetos de estudo, conceitos, instrumentos, métodos e linguagens, configurando-se aí a incomensurabilidade dos novos campos do saber²⁹.

O ponto mais relevante do modelo de progresso científico de Kuhn em nossa análise está na concepção dos paradigmas como um bloco *indissociável* de teorias, métodos e objetivos, de maneira que um componente não pode mudar sem arrastar consigo a mudança em outro³⁰:

“Precisamente por tratar-se de uma transição entre incomensuráveis, a transição entre paradigmas em competição não pode ser feita passo a passo, por imposição da Lógica e de experiências neutras. Tal como a mudança da forma (*Gestalt*) visual, a transição deve ocorrer subitamente (embora não necessariamente num instante) ou então não acontece jamais”³¹.

²⁷ Kuhn (1995), p. 137-138.

²⁸ Kuhn (1995), p. 144.

²⁹ Kuhn (2003), p. 97; 120.

³⁰ Kuhn (1995), p. 63, 144.

³¹ Kuhn (1995), p. 190.

Kuhn afirma que, em decorrência da questão da incomensurabilidade, não existe um critério inequívoco para a escolha de um paradigma: ela não pode ser decidida de maneira puramente objetiva e racional, como, por exemplo, contar o número de problemas resolvidos por cada um deles³². De uma forma ou de outra, sempre poderão ser identificados ingredientes formadores das crenças das comunidades científicas de origem um tanto arbitrária, compostos de acidentes pessoais e históricos – cursos freqüentados, textos lidos, periódicos estudados, inspirações surgidas no meio da noite, técnicas de argumentação persuasiva das comunidades atingidas, fatos ocorridos durante a vida de um cientista, características de sua personalidade, nacionalidade ou a reputação prévia do inovador e seus mestres serão capazes de desempenhar um papel significativo na escolha teórica de um cientista ou de uma comunidade científica³³.

“Em suma: se um novo candidato a paradigma tivesse que ser julgado desde o início por pessoas práticas, que examinassem tão-somente sua habilidade relativa para resolver problemas, as ciências experimentariam muito poucas revoluções de importância. Junte-se a isso os contra-argumentos gerados por aquilo que acima chamamos de incomensurabilidade dos paradigmas e as ciências poderiam não experimentar revoluções de espécie alguma”³⁴.

Por conta da inexistência de critérios perfeitamente racionais e da inegável atuação de fatores irracionais, a transição entre paradigmas é comparada, por Kuhn, a uma “experiência de conversão”³⁵ – sim, no sentido religioso do termo. A mudança de paradigma é concebida por Kuhn como uma verdadeira *mudança na concepção de mundo*: “Aquilo que antes da revolução aparece como um pato no mundo do cientista transforma-se posteriormente num coelho”³⁶. Os cientistas, nessas ocasiões, falam freqüentemente em uma venda que cai dos olhos ou em uma iluminação repentina que inunda um quebra-cabeça antes obscuro, permitindo que suas peças sejam vistas de uma nova maneira e abrindo, finalmente, possibilidades para uma solução³⁷.

Não é difícil aceitar essa idéia se considerarmos que boa parte de nosso aprendizado científico se dá realmente dessa forma, fazendo-nos efetivamente enxergar

³² Kuhn (1995), p. 187.

³³ Kuhn (1995), p. 23, 75, 121, 128, 193. Um exemplo citado por Kuhn (p. 193) é a adoração do Sol que ajudou a fazer de Kepler um copernicano.

³⁴ Kuhn (1995), p. 198.

³⁵ Kuhn (1995), p. 191.

³⁶ Kuhn (1995), p. 146.

³⁷ Kuhn (1995), p. 158.

o mundo de outra maneira: o leigo, ao observar uma carta topográfica, vê apenas linhas curvas desenhadas sobre um papel, enquanto o geógrafo consegue visualizar as formas de relevo representadas³⁸. O senso comum nos dirá que nossa percepção é determinada principalmente pelo meio ambiente, mas talvez a tradição científica onde estamos imersos seja tão ou mais importante que o dado direto no nosso processo de aprendizado, de formação de conceitos. Nas palavras de Kuhn, “o que um homem vê depende tanto daquilo que ele olha como daquilo que sua experiência visual-conceitual prévia o ensinou a ver”³⁹. Portanto, em períodos de revolução, quando muda a tradição científica vigente, a leitura de mundo do cientista sofre uma reeducação; ele enxerga novas formas nos objetos e situações com os quais estava familiarizado⁴⁰. Após uma revolução científica, não ocorre, pois, simplesmente uma mudança de paradigma: Kuhn confessa não conseguir evitar a constatação de que passamos também a *viver em um mundo diferente*⁴¹.

Ainda resta uma pergunta: os cientistas serão sempre facilmente levados a adotar um novo paradigma, sem tentativas de resistência por parte de algum grupo dissidente? Decerto que não; nenhuma revolução se processa sem algum tipo de conflito. No caso das revoluções científicas, muitas vezes a transição parecerá um “conflito de gerações” entre os proponentes dos paradigmas antigo e novo. A resistência em adotar um novo paradigma não constitui, para Kuhn, uma violação dos padrões científicos, especialmente no caso dos cientistas mais velhos, pois é uma demonstração de fé no antigo paradigma, solucionador de diversos problemas de uma época. Além disso, muito da reputação de um cientista mais velho está ligada ao antigo paradigma – do qual, não raro, ele é um dos fundadores –, o que lhe dá boas razões para manter seu ponto de vista, ainda que de ordem exclusivamente pessoal⁴². Porém, no caso de, diante do triunfo definitivo do novo paradigma, estes cientistas chegarem a ficar completamente deslocados da área da ciência onde atuavam, seu destino será, segundo Kuhn, o departamento de Filosofia. De qualquer forma, eles provavelmente logo morrerão⁴³.

³⁸ Kuhn (1995), p. 146.

³⁹ Kuhn (1995), p. 148.

⁴⁰ Kuhn (1995), p. 146.

⁴¹ Kuhn (1995), p. 152.

⁴² Kuhn (1995), p. 191-192, 200.

⁴³ Kuhn (1995), p. 39, 192.

8. 1. 1 O chamado antigo paradigma

Denomina-se *antigo paradigma* a visão de mundo, a ciência e os métodos praticados segundo as concepções gestadas principalmente no século XVII por nomes como Francis Bacon, Galileu Galilei, René Descartes e Isaac Newton. Em linhas gerais, podemos caracterizar este paradigma como contestador da cosmologia medieval e de sua física qualitativa, seu apriorismo e seu tão caro princípio de autoridade, bem como de filosofias paralelas como a astrologia, a magia e as ilusões alquimistas, substituindo-os por uma imagem mais simples e unitária do mundo, cognoscível através de uma abordagem objetiva baseada na experimentação e no cálculo. A partir de então, a ciência definitivamente conceberia a natureza como regida por *leis racionais*, passíveis de serem reconstruídas pela inteligência humana por via matemática e experimental⁴⁴.

Questões técnicas dos campos da engenharia, arquitetura e navegação, entre outros, muito estimularam a construção do novo método e da nova visão de mundo. Os produtos da tecnologia da época e os hábitos mentais a ela relacionados fizeram com que os modelos teóricos concebidos pelos cientistas e filósofos se assemelhassem àqueles empregados na engenharia. De fato, não podemos determinar, para um momento histórico tão conturbado, quem primeiro exerceu influência sobre quem, se a técnica sobre a ciência ou vice-versa, mas é indiscutível que ela tenha ocorrido; daí esse caráter predominantemente *ativo, prático, funcional* deste paradigma, manifesto tanto em suas teorias quanto em suas aplicações. A natureza, tal como as máquinas e os instrumentos, poderia ser desmontada, submetida a cálculos e provas, reconstituída, era finalmente apropriada pela inteligência humana assim como o eram toda sorte de artifícios: a própria natureza tornava-se, assim, “artificiosa”⁴⁵.

8. 1. 1. 1 Francis Bacon

Francis Bacon foi um dos primeiros homens de seu tempo a tomar consciência da importância e das potencialidades dos novos rumos da ciência. O autor procurou

⁴⁴ Casini (1975), p. 77-78.

⁴⁵ Casini (1975), p. 84-85.

definir uma metodologia científica geral e indicar seu modo de aplicação, explorando as possibilidades do método experimental. Bacon havia notado uma forte diferença entre o desenvolvimento da filosofia e da técnica até então: enquanto esta apresentava uma tendência ascendente, aquela denotava um declínio:

“Na época de seus primeiros fautores, as artes mecânicas eram rudimentares, canhestras e complexas, mas com o correr do tempo, adquiriram novo vigor e novas qualidades. A Filosofia possui seu máximo poder com os primeiros autores, para exibir um declínio subsequente. A melhor explicação para esses destinos opostos é a de que, nas áreas mecânicas, o talento de muitos indivíduos combina-se para a produção de um resultado único, ao passo que na Filosofia um talento individual destrói muitos outros. Estes se rendem à liderança de um só... e tornam-se incapazes de acrescentar algo de novo. Pois quando a Filosofia é desarraigada da experiência, donde nasceu e se desenvolveu, transforma-se numa coisa morta”⁴⁶.

Como se vê, Bacon considerava a filosofia de seu tempo estéril porque dissociada da experiência, mas ao mesmo tempo a técnica não tinha completa eficácia por ser em sua maior parte de tradição oral. Pensando assim, Bacon esforçou-se por unir a filosofia e a técnica, a fim de concretizar “o verdadeiro e legítimo enlace das faculdades empírica e racional, cuja cruel e malfadada separação tem lançado em desordem todos os assuntos da família humana”⁴⁷. Somente a *união* da interpretação teórica e do controle técnico da natureza seria capaz de fazer ambos superarem suas limitações e gerarem frutos, “invenções capazes de, em certa medida, vencer e superar as necessidades e misérias da humanidade”⁴⁸.

A primeira exigência de seu método era a reunião de grande quantidade de fatos, através dos quais poderíamos investigar qualquer assunto, pela classificação conjunta de fatos relacionados. Deveríamos fazer uma lista de “exemplos positivos”, ou seja, ocasiões em que um determinado fenômeno ocorre; em seguida, faríamos também uma lista de “exemplos negativos”, em que o fenômeno não ocorre. A partir da comparação dessas listas, submetendo à prova diversas hipóteses, mantendo as prováveis e excluindo as improváveis sucessivamente, chegaríamos ao conhecimento científico. Esse método não serviria somente para obter hipóteses oriundas de relações entre os fatos, mas poderia ser transportado também para o mundo das próprias hipóteses, com

⁴⁶ Bacon, citado por Mason (1964), p. 111.

⁴⁷ Bacon, citado por Mason (1964), p. 111.

⁴⁸ Bacon, citado por Mason (1964), p. 111.

vistas à obtenção de axiomas mais generalizados: a cada fase, as hipóteses, axiomas e teorias seriam testados com base em exemplos e contra-exemplos e, uma vez provado seu fundamento, aplicados ao uso humano. Dessa maneira, obteríamos progressivamente, por indução, uma pirâmide de teorias científicas embasada por um sólido corpo de fatos, onde cada estágio representaria uma generalização dos estágios anteriores⁴⁹.

8. 1. 1.2 Galileu Galilei

É de Galileu a afirmação de que a natureza está escrita em linguagem matemática e seus caracteres são triângulos, círculos e outras figuras geométricas⁵⁰. Só por esta afirmação já podemos ter uma idéia do que representava a Matemática para este cientista. Para Galileu, o conhecimento dos engenheiros e artesãos, apesar de vasto e precioso, não era, na realidade, científico, posto que não se encontrava suficientemente familiarizado com a Matemática e não poderia, portanto, ser representado de forma teórica, abstrata, para auxiliar a compreensão de fenômenos semelhantes⁵¹.

Galileu era da opinião de que uma demonstração matemática convenientemente escolhida poderia ser aplicada à investigação de qualquer objeto ou problema envolvendo qualidades mensuráveis, não somente comprimento, área e volume, mas também o tempo, o movimento e a quantidade de matéria, com a finalidade de descobrir as relações entre eles e deduzir conseqüências. Mas o que dizer das qualidades não-mensuráveis dos objetos, tais como a cor, o cheiro ou o gosto? Bem, justamente por não serem mensuráveis, tais qualidades deveriam ser ignoradas pelo cientista matemático e seriam, a partir de então, encaradas como irrealis ou subjetivas⁵².

Galileu deixaria claro o valor científico da demonstração matemática no desenvolvimento da teoria dos movimentos dos projéteis. Já se sabia, empiricamente, que suas trajetórias eram parabólicas e seu alcance era máximo quando atirados a um ângulo de 45°; Galileu, no entanto, deduziu teoricamente esses resultados de seus experimentos com o plano inclinado. E afirmou:

⁴⁹ Mason (1964), p. 112-113.

⁵⁰ Galileu, *Il Saggiatore*, p. 38, citado por Casini (1975), p. 92.

⁵¹ Mason (1964), p. 117; 121.

⁵² Mason (1964), p. 121; 123-124.

“O conhecimento de um só fato adquirido através da descoberta de suas causas prepara a mente para a compreensão e apuração de outros fatos, sem a necessidade de recorrer às experiências, precisamente como no caso presente, onde só pela argumentação o autor prova com certeza que o alcance máximo ocorre quando a elevação é de quarenta e cinco graus”⁵³.

Tal progresso foi crucial para o desenvolvimento posterior da ciência. Se até então os fatos novos eram basicamente descobertos por acaso ou acidente, a descrição matemática dos fenômenos permitiria antecipar descobertas; partindo-se de fenômenos conhecidos, poderíamos derivar como seriam os fenômenos ainda desconhecidos apenas com a atividade do pensamento abstrato⁵⁴.

Era também importante em seu método o desprezo por fenômenos mensuráveis menos importantes, como a resistência do ar, para simplificar os estudos. Suas condições experimentais eram tão perfeitas quanto possível, para dali serem derivadas teorias que transcendessem as circunstâncias de uma experiência particular e atingissem os fundamentos do fenômeno, posteriormente sendo aplicada uma fundamentação matemática que daria uma estrutura mais abstrata à teoria e permitiria a antecipação das conseqüências, passíveis de serem testadas e reproduzidas em experimentos posteriores⁵⁵.

Todo esse apreço pela Matemática foi acompanhado pelo intenso uso e desenvolvimento de instrumentos de medição. Galileu não apenas utilizou os instrumentos tradicionais, como a régua e a balança, como também criou e aperfeiçoou outros, como o telescópio, de importância fundamental para seus trabalhos no campo da Astronomia, dentre os quais destacamos as manchas solares, a superfície da Lua e os satélites de Júpiter. Enfim, com Galileu, o método matemático-experimental atingiu a maturidade⁵⁶.

⁵³ Galileu, citado por Mason (1964), p. 123.

⁵⁴ Mason (1964), p. 123.

⁵⁵ Mason (1964), p. 124.

⁵⁶ Mason (1964), p. 123-124.

8. 1. 1.3 René Descartes

Descartes, numa alusão ao título de sua obra mais famosa, costuma ser lembrado como o filósofo do método, embora a originalidade de sua obra não resida exatamente na crítica da tradição escolástica, na formulação de regras de método ou na valorização da matemática, mas sim na valorização da razão humana, considerada por ele o princípio absoluto da verdade e da realidade⁵⁷. Todo o *Discurso do Método* é um verdadeiro hino de otimismo às potencialidades da razão humana e de dúvida em relação ao conhecimento não firmado sobre suas bases:

“aprendi a não acreditar com demasiada convicção em nada do que me havia sido inculcado só pelo exemplo e pelo hábito; e, dessa maneira, pouco a pouco, librei-me de muitos enganos que ofuscam a nossa razão e nos tornam menos capazes de ouvir a razão”⁵⁸.

Ainda no início do texto, Descartes relata seu desencanto com as humanidades e sua paixão pela matemática, uma forma de conhecimento muito mais segura e fecunda:

“Deleitava-me principalmente com as matemáticas, devido à certeza e à evidência de suas razões; mas ainda não percebia sua verdadeira aplicação, e, julgando que só serviam às artes mecânicas, espantava-me de que, sendo seus fundamentos tão seguros e sólidos, não se houvesse construído sobre eles nada de mais elevado. Da mesma forma que, ao contrário, eu comparava os escritos dos antigos pagãos que tratam de hábitos a magníficos palácios erigidos apenas sobre a areia e a lama. Elevam muito alto as virtudes e as apresentam como as mais dignas de estima entre todas as coisas que existem no mundo; mas não ensinam bastante a conhecê-las, e freqüentemente o que chamam com um nome tão belo não passa de uma insensibilidade, ou de um orgulho, ou de um desespero, ou de um parricídio. (...) A respeito das outras ciências, por tomarem seus princípios da filosofia, acreditava que nada de sólido se podia construir sobre alicerces tão pouco firmes”⁵⁹.

Inspirado na matemática, Descartes ditou quatro preceitos estritamente racionais para servir de guia ao processo do conhecimento, cuja exata observância permitiria

⁵⁷ Sciacca (1966), p. 70.

⁵⁸ Descartes (1999), p. 42.

⁵⁹ Descartes (1999), p. 40-41.

resolver nossas questões com grande facilidade, mesmo que de início parecessem mais difíceis⁶⁰:

- Nunca tomar uma idéia por verdadeira sem que ela fosse claramente conhecida como tal; ou seja, evitar emitir juízos antes de estes se apresentarem tão claramente ao espírito que não se tivesse motivos para duvidar dele.
- Decompor um problema a ser analisado em tantas parcelas quanto fosse possível, a fim de melhor solucioná-lo.
- Ordenar os pensamentos iniciando pelos mais simples e fáceis de resolver para elevar-se aos poucos em direção aos mais complexos.
- Efetuar em toda parte relações metódicas completas e revisões gerais, assegurando-se de nada ter omitido⁶¹.

É também notável em sua obra a preocupação em estabelecer uma verdade sólida para dali derivar todas as outras verdades. Para tanto, Descartes tentará atingir a certeza partindo justamente da dúvida e levando-a ao extremo. O autor duvida do que lhe atestam os sentidos, pois estes já o enganaram; duvida igualmente dos elementos constitutivos da realidade (extensão, grandeza, lugar, número e outros) e das verdades matemáticas, pois bem poderiam ser um produto da atitude de um gênio maligno, poderoso e enganador, que fizesse a mente humana enxergar como verdadeiro o que na realidade é falso. A dúvida é, assim, levada a sua forma extrema, com o autor suspendendo o juízo a todos os conhecimentos e considerando-os provisoriamente falsos. Mas será precisamente dessa dúvida extrema que nascerá a certeza mais luminosa e indiscutível: quem duvida não pode duvidar que duvida; quem duvida, pensa, e quem pensa, existe. O *Cogito, ergo sum* apresenta-se, dessa forma, de maneira bastante clara e segura, o sólido ponto de partida de todo o saber e se converte na insígnia do racionalismo moderno, que não reconhecerá outra autoridade além da razão⁶².

A partir do *Cogito*, Descartes derivará outra certeza. O ser que duvida é imperfeito e limitado; conseqüentemente, não pode ser a causa de si mesmo pois, se o fosse, seria perfeito, atribuindo a si a perfeição contida na idéia de Deus. A existência

⁶⁰ Descartes (1999), p. 51-52.

⁶¹ Descartes (1999), p. 49-50.

⁶² Sciacca (1966), p. 71-72.

do ser imperfeito remete assim a uma causa perfeita, ou seja, Deus, portanto existe Deus. É a existência de Deus que fará a passagem imediata do *Cogito* à verdade objetiva: o Deus absolutamente perfeito é também sábio e bom, portanto, não pode ter dado ao homem faculdades cognitivas enganosas, o que garante a capacidade da razão humana de atingir a verdade. E, se Deus não engana e o homem possui plena capacidade cognitiva, a percepção do mundo real não é uma ilusão criada por um gênio maligno: este mundo existe de fato. As idéias das coisas sensíveis são recebidas pela substância pensante que, obviamente, não pode ser sua produtora; assim, existe uma substância fundamentalmente diversa da substância pensante, que não pode ser senão corpórea, material⁶³.

Após descrever o perfeito funcionamento da circulação sanguínea do homem e dos animais superiores, devido simplesmente ao posicionamento e interligação dos órgãos, Descartes considera seus corpos *máquinas* admiravelmente organizadas, de tal forma que não teríamos meios de reconhecer a diferença entre um animal verdadeiro e uma máquina construída com seus órgãos e guardando seu aspecto, enquanto o mesmo não se passa com os homens, pois uma máquina construída com seus órgãos seria incapaz de articular a linguagem e o pensamento tão perfeitamente quanto um humano o faz, donde se conclui que somos essencialmente diferentes das máquinas em virtude da nossa razão como guia de nossas atitudes. O mesmo argumento é usado por Descartes para estabelecer uma nítida distinção entre o homem e os animais: enquanto até mesmo o mais embrutecido e o mais louco dos homens dispõem ainda da capacidade de ordenar palavras e, através delas, comunicar seus pensamentos, o mesmo não se passa com os animais, por mais perfeitos que possam ser. Poderíamos contra-argumentar afirmando que isso ocorre porque eles não possuem os órgãos necessários para tal; pois bem, os papagaios podem articular palavras e até imitar perfeitamente a voz humana, sem no entanto conseguirem efetivamente falar como nós, ou seja, demonstrando que pensam o que dizem, ao passo que os homens surdos-mudos, desprovidos dos meios naturais de comunicar suas idéias, ainda assim conseguem se fazer entender empregando alguma linguagem de sinais facilmente compreensível por quem tenha convivido durante algum tempo com eles⁶⁴. “E isso não prova somente que os animais possuem menos razão do que os homens, mas que não possuem nenhuma razão”⁶⁵. Sabemos também que, embora

⁶³ Sciacca (1966), p. 72-74.

⁶⁴ Descartes (1999), p. 81-83.

⁶⁵ Descartes (1999), p. 83.

alguns animais demonstrem mais habilidade que os humanos em certas ações, não a demonstram em inúmeras outras,

“de forma que aquilo que fazem melhor do que nós não prova que possuam alma; pois, por esse critério, tê-la-iam mais do que qualquer um de nós e agiriam melhor em tudo; mas, ao contrário, que não a possuem, e que é a natureza que atua neles conforme a disposição de seus órgãos: assim como um relógio, que é feito apenas de rodas e molas, pode contar as horas e medir o tempo com maior precisão do que nós, com toda a nossa sensatez”⁶⁶.

A alma humana, em suma, não tem relação com a matéria, é de uma natureza inteiramente diversa da do corpo, e “não existe outro [erro] que desvie mais os espíritos fracos do caminho reto da virtude do que imaginar que a alma dos animais seja da mesma natureza que a nossa”⁶⁷.

Todas essas reflexões de Descartes conduzem a esta muito citada passagem, considerada um emblema do domínio técnico humano sobre a natureza:

“Pois elas [as reflexões] me mostraram que é possível chegar a conhecimentos que sejam muito úteis à vida, e que, em lugar dessa filosofia especulativa que se ensina nas escolas, é possível encontrar-se uma outra prática mediante a qual, conhecendo a força e as ações do fogo, da água, do ar, dos astros, dos céus e de todos os outros corpos que nos cercam, tão claramente como conhecemos os vários ofícios de nossos artífices, poderíamos utilizá-los da mesma forma em todos os usos para os quais são próprios, e assim nos tornar como senhores e possuidores da natureza”⁶⁸.

8. 1. 1.4 Isaac Newton

A obra de Newton sobre a dinâmica, embora possa ter sofrido algumas objeções, ainda permanece como um dos cumes mais incontestes da ciência. Seu grande triunfo foi unificar as leis elaboradas por seus predecessores, ainda um tanto dispersas, num todo harmonioso, classificando em uma mesma categoria e submetendo às mesmas leis fenômenos aparentemente tão díspares quanto a queda dos corpos, a vibração de uma

⁶⁶ Descartes (1999), p. 83-84.

⁶⁷ Descartes (1999), p. 84.

⁶⁸ Descartes (1999), p. 86-87.

corda, os movimentos dos planetas e os choques, feito que representou para a ciência um momento único de clareza e racionalidade, a certeza da maturidade do método experimental, constituindo o quadro de referência da ciência positiva até o início do século XX. Newton introduziu na física, ao invés de *leis*, *princípios*, ou seja, leis *universais* a que a natureza se conforma e dos quais as regras empíricas anteriormente estabelecidas são conseqüências lógicas, matemáticas⁶⁹.

Seus três princípios são bem conhecidos. O primeiro é o princípio da inércia, segundo o qual um corpo não submetido a nenhuma força permanece em repouso ou descreve no espaço absoluto uma trajetória em linha reta a uma velocidade constante. O segundo diz que o produto da massa de um corpo por sua aceleração é igual à força exercida sobre ele ($F = m \times a$). Essa noção de aceleração apóia-se sobre outra grande descoberta de Newton, o cálculo diferencial. Quando são conhecidas as forças em ação, esse princípio se traduz por equações diferenciais que permitem determinar as coordenadas em função do tempo, equações cuja significação e meios de solução também foram fornecidos pelo cientista, através da invenção do cálculo integral. Por fim, o terceiro princípio seria o da ação e reação, segundo o qual a toda ação corresponde uma reação igual e em sentido oposto⁷⁰.

Outro de seus grandes triunfos é representado pela lei da gravitação universal. Unindo o princípio cartesiano do movimento uniforme retilíneo de um corpo no vácuo, a lei galileana da decomposição de forças e as leis de Kepler sobre os movimentos planetários, Newton pôde formular matematicamente a lei da gravitação universal, segundo a qual a atração gravitacional é diretamente proporcional à massa dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa $\left(g = \frac{GMm}{d^2}\right)$, unindo definitivamente a física terrestre e a física celeste⁷¹. É necessário notar, no entanto, que a lei da gravitação introduzia um elemento estranho à ciência da época: a noção de ação a distância. Como supor que uma força possa ser exercida entre o sol e os planetas, a despeito do vácuo que os separa? É claro que Newton reconheceu a dificuldade, admitindo-a abertamente na terceira edição dos *Principia*, e é igualmente claro que a maioria dos que possuem uma fé integral e ingênua na ciência sequer perceberam essa

⁶⁹ Casini (1975), p. 94, 100; Omnès (1996), p. 54.

⁷⁰ Omnès (1996), p. 56.

⁷¹ Casini (1975), p. 95.

brecha⁷². Na realidade, afirma Omnès, postular a existência de uma ação a distância já era o indício da transição de uma ciência mais empírica para uma ciência mais formal, “de uma ciência intuitiva em que tudo é visualmente representável e conforme ao senso comum para uma ciência onde aparecera um elemento formal, fundamentalmente incompreendido”⁷³.

8. 1.2 O chamado novo paradigma

Como vimos, o chamado antigo paradigma operou uma importante secularização e racionalização da ciência, retirando de sua esfera de influências muitas idéias religiosas e metafísicas. Um famoso episódio da vida de Laplace é bastante ilustrativo do processo: em 1810, o autor elaborou e apresentou um sistema de mundo descrevendo um universo estável, existindo desde sempre e onde reinava um determinismo absoluto. Ao ser perguntado qual seria o lugar de Deus nesse sistema, respondeu: “No meu sistema, não tenho necessidade dessa hipótese”⁷⁴. Entretanto, a reação a todo esse desencantamento do mundo não tardaria a aparecer. Já no final do século XVIII floresceria uma visão de mundo oposta ao racionalismo, à quantificação e mecanização da natureza e à deterioração dos vínculos sociais, conhecida como *Romantismo*. Muito embora seja difícil localizar a origem e traçar a trajetória dessa inversão de tendência, é inegável que a sua base material mais importante seja o advento da Revolução Industrial, acompanhada do crescimento das cidades e da emergência das sociedades industriais⁷⁵. A deterioração do ambiente urbano, com poluição do ar, barulho ininterrupto e aparência física repugnante, provocaria em seus habitantes um desejo crescente pelas delícias – reais ou imaginárias – do mundo rural e das matas, agora vistas como locais de privacidade e meditação, refúgio espiritual contrastante com a agitação das cidades⁷⁶. O campo oferecia “uma fuga dos vícios e afetações urbanas, um descanso para as tensões dos negócios e um refúgio contra a sujeira, a fumaça e o ruído da cidade”⁷⁷.

⁷² Omnès (1996), p. 57.

⁷³ Omnès (1996), p. 58.

⁷⁴ Japiassu (1996), p. 114.

⁷⁵ Thomas (1989), p. 217; Löwy; Sayre (1995), p. 77.

⁷⁶ Thomas (1989), p. 257, 291-292.

⁷⁷ Thomas (1989), p. 294.

Um importante precursor do movimento romântico é o iluminista francês Jean-Jacques Rousseau, que operou em sua obra uma idealização do passado humano, fraternal e pacífico, em contraste com as desigualdades e injustiças de sua época e por ele denunciadas. Essa idealização se configuraria como uma das principais características da filosofia romântica a partir de então⁷⁸. A valorização do sentimento de unidade com a natureza também é notável em seus escritos:

“Da superfície da terra elevava as minhas idéias a todos os seres da natureza, ao sistema universal das coisas, ao ser incompreensível que abarca tudo. Então, perdido o espírito nessa imensidão, não pensava, não raciocinava, não filosofava. Sentia-me – sentia-me como uma espécie de voluptuosidade; oprimido com o peso deste universo, abandonava-me com arrebatamento à construção destas grandes idéias. Amava perder-me com a imaginação no espaço. Sufocava-me com o universo e gostaria de lançar-me ao infinito”⁷⁹.

Outra figura notável para a visão de mundo romântica foi Johann Wolfgang von Goethe. Segundo Japiassu, este autor foi o pioneiro na rejeição categórica do projeto de uma ciência fundada no desejo de dominação e manipulação da natureza, mecanicista e obcecada pela matematização. Goethe opôs-se a Newton, recusando-se a aceitar a explicação dos fenômenos naturais recorrendo-se tão-somente à frieza matemática e acusava de pobre uma ciência que considerava as cores um simples resultado de intensidades maiores ou menores de vibrações matematicamente mensuráveis. A proposta de Goethe consistia em recusar essa ciência oficial, incapaz de fornecer um conhecimento verdadeiro em função de suas obsessões matemáticas e analíticas em favor de uma ciência do qualitativo, divorciada do imperialismo matemático e oposta a qualquer tendência mecanicista, e de uma concepção organicista da natureza, considerando-a como um grande organismo vivo intraduzível matematicamente, a não ser através de sua desfiguração. Através dessa nova visão, poderíamos estabelecer com a natureza um diálogo capaz de satisfazer nossos sentidos, nosso coração e nosso espírito, restituindo assim uma alma ao mundo e restabelecendo com ele nossa ligação⁸⁰. Vejamos três trechos de uma obra de Goethe, nos quais fica bastante claro o sentimento de veneração, de unidade com a natureza e de recusa ao mecanicismo:

⁷⁸ Löwy; Sayre (1995), p. 85.

⁷⁹ J. J. Rousseau, *Terceira carta a Malesherbes*, citado por Bornheim (1959), in Guinsburg (1978), p. 81.

⁸⁰ Bornheim (1959), in Guinsburg (1978), p. 96; Japiassu (1996), p. 206.

“Natureza! Por ela rodeados e a ela ligados, não nos é permitido sair do seu amplexo, nem penetrar nela mais profundamente. Sem lho pedirmos e sem nos avisar, ela acolhe-nos no vórtice da sua dança, e lança-se conosco, até que, cansados, caíamos em seus braços”⁸¹.

“Ela vive plenamente nas suas criaturas, mas a mãe onde está? Ela é a única artífice: das criações mais simples passa às mais complexas, às mais perfeitas sem qualquer aparência de esforço, com a máxima precisão e sempre com delicadeza. Cada uma das suas obras tem a sua fisionomia própria, cada uma das suas manifestações tem o seu significado próprio, embora seja parte de um só todo”⁸².

“Nela há um eterno viver, um eterno devir, um eterno movimento, embora não avance um passo. Transforma-se eternamente, e não tem um momento de pausa. Não sabe deter-se, e cobre de maldições a pausa. No entanto está parada, e o seu passo é comedido, as suas exceções raras, as suas leis imutáveis”⁸³.

Não apenas Goethe, mas o próprio desenvolvimento da ciência na época exerceria profundas influências sobre os românticos. A descoberta do oxigênio por Priestley é um bom exemplo: sendo ao mesmo tempo elemento da combustão e essencial para todas as formas de vida, o oxigênio representava a união entre os mundos orgânico e inorgânico. As descobertas de Galvani e Volta também foram importantes: o fato de os membros mortos de uma rã, quando postos em contato com um aparelho elétrico, regirem como se estivessem dotados de vida foi interpretado pelos românticos como uma espécie de vitalização do mundo morto, idéia que pretenderam estender a todo o mundo inorgânico e desenvolvidas sobretudo por Ritter, um cientista romântico que posteriormente iniciara no galvanismo seu amigo Novalis, que construiu mais tarde, inspirado nestas idéias, seu idealismo mágico⁸⁴.

A crítica romântica da modernidade será constituída, portanto, de uma busca apaixonada e por vezes desesperada de modos de viver e de pensar completamente opostos às tendências do paradigma dominante. Recusará a realidade presente em favor de uma idade de ouro na aurora da história humana e, contra uma ciência que se pretende decifradora de todos os mistérios da natureza sob uma linguagem matemática e que tem por ferramenta o pensamento fragmentário e analítico, celebrará o

⁸¹ Goethe, *Die Natur* (1780), citado por Casini (1975), p. 112.

⁸² Goethe, *Die Natur* (1780), citado por Casini (1975), p. 112.

⁸³ Goethe, *Die Natur* (1780), citado por Casini (1975), p. 112.

⁸⁴ Bornheim (1959), in Guinsburg (1978), p. 96-97.

reencantamento do mundo, o retorno do sagrado, do mágico, do mítico, do simbolismo, das alegorias, do orgânico e da intuição, colocando em evidência as limitações do pensamento mecanicista e quantitativo⁸⁵. Interessava aos românticos estabelecer uma unidade fundamental na natureza, posto que a idéia de uma natureza separada em dois reinos, o orgânico e o inorgânico, parecia-lhes definitivamente caduca: a natureza deveria ser compreendida como um único organismo vivo, cabendo à ciência conhecer a história deste organismo. A idéia central para a compreensão da natureza não seria a do determinismo mecanicista, como dizia a física clássica, mas sim a idéia de *vida* pois, em última instância, nada é definitivamente morto ou estático no mundo natural⁸⁶.

Toda essa nova visão, esse desejo de unidade, essa rejeição de explicações puramente matemáticas, afirma Bornheim, apesar de à primeira vista parecer ridícula à luz da ciência newtoniana, exerceu uma profunda influência sobre o desenvolvimento posterior da ciência⁸⁷. É fácil notar a semelhança entre as idéias citadas sobre o dinamismo e unidade dos entes do mundo natural e, por exemplo, a teoria geral dos sistemas. Muitas teorias científicas desenvolvidas a partir do final do século XIX, como a mecânica quântica, teoria da relatividade, geometria fractal, teoria do caos, entre outras, também se posicionam, em maior ou menor grau, em oposição ao modelo clássico de ciência. Por conta dessa oposição, freqüentemente encontramos em discursos pós-modernistas a idéia de que tais desenvolvimentos recentes provocaram profundas mudanças filosóficas e epistemológicas, ou mesmo algo como a “mudança de paradigma” descrita por Kuhn⁸⁸. A ciência denominada “clássica”, frente às acusações de extremos reducionismo e numericismo, teria capitulado frente a um “pensamento pós-moderno”, um novo paradigma, uma nova visão de mundo que daria mais espaço às idéias de dinamismo, de subjetividade e de harmonia com a natureza.

No contexto das ciências ambientais em geral e da Geografia em particular, observamos diversos anúncios da ocorrência desta mudança de paradigma na atualidade, entendida como o abandono do referencial positivista e sua substituição por uma abordagem holística, representada principalmente pela teoria geral dos sistemas. A seguir, citaremos alguns autores e veremos como a mudança de paradigma é encarada por cada um deles.

⁸⁵ Löwy; Sayre (1995), p. 40-45, 54, 316-317.

⁸⁶ Bornheim (1959), in Guinsburg (1978), p. 97, 101.

⁸⁷ Bornheim (1959), in Guinsburg (1978), p. 97.

⁸⁸ Sokal; Bricmont (1999), p. 135.

Rohde afirma que o paradigma naturalista – o chamado antigo paradigma – mostra-se insuficiente por ter sido “engendrado com uma cegueira estrutural e metodológica que não permite a abordagem ou tematização da efetuação humana” e por sua impossibilidade de uma correta abordagem das questões atuais das ciências da natureza. Já o novo paradigma ambiental, advindo de uma típica revolução científica kuhniana, é capaz de suprir o desamparo das ciências naturais frente a questões ambientais e históricas⁸⁹.

De acordo com Pelizzoli (comentando as correntes holísticas de ética ambiental), a chamada civilização da razão instrumental trouxe consigo o desencantamento do mundo, a desespiritualização forçada do homem e seu distanciamento em relação a seu aspecto orgânico em prol do domínio técnico e da manipulação do mundo natural. Já a perspectiva filosófica de mundo da postura holística é monista, ou seja, é a idéia da unidade fundamental de tudo, de uma harmonia e de uma interação integradora entre todos os componentes do sistema⁹⁰.

As fontes imediatas dessa corrente holístico-revolucionária datam do início do século XX, com a influência do pensamento orientalizado na psicologia e, mais fortemente, a partir dos anos 1950, com os movimentos de contracultura e as crises ambiental, bélica, cultural, social e econômica, que encetaram uma nova ordem na civilização. “Esta seria basicamente um resgate, que remete a modelos primitivos e mais originais, do Eldorado cada vez mais perdido do humano, diante de um mundo tecnificado, materialista e egocentrado”⁹¹.

“Neste século temos o reforço do gnosticismo, o aparecimento da teosofia e de uma série de práticas espirituais; a retomada da raiz romântica na cultura, a exaltação das práticas mitológicas e de religiosidade dentro de um tipo novo de paganismo – ‘religião dos pagos’, como em vários âmbitos do naturalismo. Junto a isso, a Nova Física – que abre as especulações para as concepções de holismo e para a instância energética última e inapreensível da realidade; e, surpreendentemente, os movimentos feministas detonando o patriarcalismo; os movimentos de retorno à natureza, ecoturismos, o retorno de inspirações assemelhadas às da fase astrobiológica das sociedades primevas, os exoterismos e os novos interesses na alquimia e na astrologia,

⁸⁹ Rohde (1996), p. 21, 25, 30-31, 99.

⁹⁰ Pelizzoli (2002), p. 48-49.

⁹¹ Pelizzoli (2002), p. 50.

os quais parecem revelar no fundo a busca de equilíbrio e identidade, de completção do sujeito humano e deste com o seu Outro (homem e natureza)”⁹².

Pelizzoli faz uma breve descrição do pensamento de Fritjof Capra, o autor mais citado em matéria de novos paradigmas. Em uma de suas obras mais famosas, *O ponto de mutação*, Capra procura mostrar que estamos vivenciando profundas crises em todos os níveis de nossas vidas – ambiental, social, econômica, científica, política, moral, espiritual... – mas que na verdade são diversas facetas de *uma só crise*, com um fundo comum, passível de ser compreendida somente através de uma abordagem interdisciplinar. E, se a crise é profunda, demanda mudanças em nossas estruturas, valores e idéias igualmente profundas. Para tanto, Capra propõe “substituir a noção de estruturas sociais estáticas por padrões dinâmicos de mudança”, e cita como exemplo o povo chinês, que já tinha uma “profunda percepção da conexão entre *crise* e *mudança*”⁹³. Os antigos filósofos chineses já consideravam todas as manifestações da realidade como o resultado da interação dinâmica entre dois pólos de força, o Yin e o Yang, cada um declinando e cedendo lugar ao outro após atingirem seu apogeu. Segundo Capra, estaríamos justamente nesse limiar, vivendo uma fase de grande transição da predominância do Yang – mais racional, agressivo e analítico – para a do Yin – mais harmonioso, ecológico e intuitivo –, uma grande mudança de paradigma, uma fase de profundas transformações culturais – das quais a preocupação com as mudanças climáticas é um sintoma!!!! –, comparável ao advento da agricultura no neolítico, à ascensão do cristianismo e à transição da Idade Média para a “Idade Científica”⁹⁴. Em contraste com o pensamento racionalista científico, que conduziu a atitudes profundamente antiecológicas, abrimo-nos para uma nova visão, na qual o universo não mais é considerado como uma máquina, mas como um todo harmônico e dinâmico, uma rede de relações vivas que inclui o observador humano⁹⁵.

Em *A teia da vida*, obra mais recente de Capra, pouco se acrescenta à sua visão já consagrada de mudança de paradigma; ainda assim, Pelizzoli cita alguns trechos específicos sobre ética ambiental, que aqui reproduzimos.

⁹² Pelizzoli (2002), p. 50.

⁹³ Capra (1982), citado por Pelizzoli (2002), p. 52. Grifos no original.

⁹⁴ Pelizzoli (2002), p. 52-57.

⁹⁵ Pelizzoli (2002), p. 58-60.

“Todos os seres vivos são membros de comunidades ecológicas ligadas umas às outras numa rede de interdependência. Quando essa percepção ecológica profunda torna-se parte de nossa consciência cotidiana, emerge um sistema de ética radicalmente novo. (...) é de máxima urgência introduzir padrões ‘ecoéticos’ na ciência. (...) Dentro do contexto da ecologia profunda, a visão segundo a qual esses valores são inerentes a toda a natureza viva está alicerçada na experiência profunda, ecológica ou espiritual, de que *a natureza e o eu são um só*. Essa expansão do eu até a identificação com a natureza é a instrução básica da ecologia profunda, como Arne Naess reconhece: o cuidado flui naturalmente se o ‘eu’ é ampliado e aprofundado de modo que a proteção da natureza livre seja sentida e concebida *como proteção de nós mesmos*. (...) *se o seu eu abraça um outro ser você não precisa de advertências morais para demonstrar cuidado e afeição*”⁹⁶.

Para Caseti, a concepção cartesiana de mundo estaria na raiz da divisão rígida entre as ciências naturais e as ciências humanas (dualidade esta problemática para a Geografia) e, em certa medida, legitima a existência e perpetuação de uma sociedade dividida em classes⁹⁷. Os novos avanços científicos mostram, porém, que a natureza não é tão rigidamente organizada quanto se pensava e, assim, faz-se necessária uma melhor compreensão da complementaridade entre a ordem e a desordem no universo⁹⁸. Da mesma forma como a física quântica (sic) oferece novos paradigmas ao descobrir que as partículas constituintes da matéria não possuem propriedades intrínsecas independentes do meio ambiente, também o espaço geográfico não pode ser compreendido de maneira fragmentária, pois estaria assim reforçando o conceito cartesiano de natureza exteriorizada. Diante deste fato, torna-se imprescindível promover a esperada ruptura epistemológica, espelhando-se nos novos paradigmas⁹⁹.

Conforme afirma Merchant, citado por Capra,

“ao investigarmos as raízes de nosso atual dilema ambiental e suas conexões com a ciência e tecnologia e a economia, cumpre-nos reexaminar a formação de uma visão do mundo e de uma ciência que, ao reconceituar a realidade mais como uma máquina do que como um organismo vivo, sancionou a dominação da natureza e das mulheres. Têm que ser reavaliadas as contribuições de tais ‘patriarcas’ da ciência moderna como Francis Bacon, William Harvey, René Descartes, Thomas Hobbes e Isaac Newton”¹⁰⁰.

⁹⁶ Capra (1998), p. 27, citado por Pelizzoli (2002), p. 61. Grifo nosso.

⁹⁷ Caseti (2001), in Mendonça; Kozel (2002), p. 148, 152.

⁹⁸ Caseti (2001), in Mendonça; Kozel (2002), p. 153-154.

⁹⁹ Caseti (2001), in Mendonça; Kozel (2002), p. 161.

¹⁰⁰ Merchant, citado por Capra (1998), citado por Caseti (2001), in Mendonça; Kozel (2002), p. 150.

A partir das obras de Capra, Morin e Engels, o autor concluirá que

“torna-se absurda a idéia da dicotomia entre pensamento humano e o real, entre espírito e matéria e, em última instância, entre natureza e sociedade. Entender o homem como natureza, representa a superação do conceito de natureza como objeto universal do trabalho, passando a se caracterizar como sujeito e objeto ao mesmo tempo”¹⁰¹.

Por tudo isso, o autor concordará com Capra quando este afirma que

“para descrever esse mundo apropriadamente, precisamos de uma perspectiva ecológica que a visão de mundo cartesiana não nos oferece. Precisamos, pois, de um novo ‘paradigma’ – uma nova visão da realidade, uma mudança fundamental em nossos pensamentos, percepções e valores. Os primórdios dessa mudança, da transferência da concepção mecanicista para a holística da realidade, já são visíveis em todos os campos e suscetíveis de dominar a década atual”¹⁰².

Para demonstrar que nossa civilização está mesmo atravessando uma verdadeira revolução paradigmática, Carvalho Jr. cita ao longo de sua obra extensos trechos de Marilyn Ferguson e Fritjof Capra. Segundo o autor, a ecologia não é apenas mais uma forma de humanismo, mas uma verdadeira revolução cultural, uma total modificação nos modos de apreensão e de ação no mundo. A ordem é derrubar os paradigmas que regem as sociedades ocidentais, em prol de paradigmas mais harmonizadores entre o homem e a natureza e de uma nova base filosófica e religiosa¹⁰³. “Todos ‘buscam’ de um novo sentido para as suas vidas, de uma nova constelação de valores, de uma nova ética e estética; de uma nova religião”¹⁰⁴.

“A raiz latina da palavra ‘religião’ é *religare* (ligar fortemente), assim como no sânscrito *yoga*, que significa ‘união’. A Ecologia Profunda é apoiada pela ciência moderna e faz parte de um novo paradigma que se afasta do reducionismo cartesiano, aproximando-se da nova abordagem sistêmica, numa percepção da realidade que transcende a estrutura científica e atinge a consciência intuitiva. A interdependência de todas as manifestações da vida e seus ciclos de mudança e transformação leva o

¹⁰¹ Caseti (2001), in Mendonça; Kozel (2002), p. 157.

¹⁰² Capra (1998), citado por Caseti (2001), in Mendonça; Kozel (2002), p. 160.

¹⁰³ Carvalho Jr. (2004), p. 36, 37, 42.

¹⁰⁴ Carvalho Jr. (2004), p. 38.

indivíduo a vincular-se ao cosmo como um todo, conferindo à consciência ecológica uma conotação espiritual (ou de ‘ânima’, segundo Jung)”¹⁰⁵.

Muito embora a primeira metade do livro de Carvalho Jr. consista numa débil crítica à razão ocidental (como já pôde ser notado), a segunda metade consiste numa descrição da percepção do movimento ecológico por um grupo de estudantes, amparada por dezenas de tabelas e análises estatísticas...

Para Moreira, a mudança de paradigma inicia-se um pouco antes do que o comumente afirmado por outros autores: já no final do século XVIII, em consequência dos progressos realizados em outras ciências além da Física por conta da Revolução Industrial, e da descoberta da historicidade dos processos sociais por conta da Revolução Francesa, “reaviva-se o encantamento do mundo que o racionalismo físico-matemático dele expulsara, explodindo por inteiro um paradigma”¹⁰⁶.

As tendências atuais da Geografia, especialmente a Geografia Física, acompanham a reorientação que o pensamento científico encontra no mundo todo: substituir uma concepção de natureza baseada nas teorias e métodos da Física por aqueles baseados na Biologia; um conjunto fragmentário de forças e corpos em movimentos mecânicos por um corpo unitariamente vivo, compreendido de maneira holística. Há que se compreender a unidade, mais que os fragmentos¹⁰⁷.

“Os próprios acontecimentos foram entretanto mostrando a superficialidade dessa metodologia [positivista] e passando a exigir um esquema explicativo menos rígido e mais ajustado à realidade multiforme e em permanente transmutação do mundo. Mais que isso, foram esclarecendo que mais que pobreza há nela a expressão de um padrão de olhar comprometido com um projeto de construção do mundo já esgotado”¹⁰⁸.

O paradigma ecológico consiste na explicação *holista* do mundo, tomando como referência o processo de síntese da vida realizada através da integração entre o inorgânico e o orgânico. Ocorre, dessa forma, uma espécie de inversão: enquanto o paradigma cartesiano-newtoniano unifica a natureza a partir do movimento físico, a ele tudo subordinando, o paradigma ecológico unifica a natureza a partir do movimento da vida. Cada movimento participa da produção e reprodução da vida sem que um elimine

¹⁰⁵ Carvalho Jr. (2004), p. 37-38.

¹⁰⁶ Moreira (1993), p. 25.

¹⁰⁷ Moreira (1993), p. 3-4.

¹⁰⁸ Moreira (1993), p. i

o outro, tudo convergindo para o aumento da diferenciação das entidades do mundo. Por isso, a abordagem do paradigma ecológico é de maior abrangência e complexificação que o paradigma físico¹⁰⁹.

Na Geografia Física, a mudança para o paradigma ecológico se manifesta através de uma nova integração entre as diferentes áreas: tanto os aspectos inorgânicos quanto orgânicos e sociais participam da composição do movimento da natureza não como fatores de uma causalidade externa, mas como substâncias integrantes de um processo de ressintetização.

“Desse modo, enquanto no velho paradigma temos fragmentos analisados em paralelo por suas respectivas ‘ciências particulares’ (Geomorfologia, Climatologia, Hidrologia, Biogeografia), no novo paradigma a natureza é tomada na integralidade do circuito da sua diferenciação”¹¹⁰.

A reconceituação da natureza exige, por sua vez, a revisão do sistema de ciências como um todo. “Já não mais cabe a divisão dicotômica da Geografia em Física e Humana, já a partir do fato de que o homem está em ‘ambas’ as geografias”¹¹¹.

Porém, o autor reconhece que os motivos que conduziram à mudança de paradigma sugerida não são puramente científicos, mas certamente guardam relação com algumas transformações recentes da economia global. A lógica do capitalismo necessita da permanente expansão do infindável consumo de recursos e de novos espaços territoriais. Enquanto o espaço capitalista se limitou aos Estados Unidos, Japão e parte da Europa, havia o restante do mundo para alimentar essa lógica. Quando, porém, conseguiu abarcar praticamente todos os recônditos do planeta, percebeu que já não podia mais progredir, pelo menos não levando adiante essa mesma lógica. A cultura técnico científica do velho paradigma tem a característica de consumir os recursos naturais sem a preocupação de restituí-los ou conservá-los, modelo que vem dando sinais de esgotamento¹¹². Daí a necessidade de reinventar-se culturalmente, criar uma cultura técnico-científica para revigorar o sistema capitalista e restabelecer-lhe a tradicional maleabilidade para administrar suas contradições. Reinventar a cultura técnico-científica demanda, pois, a substituição do paradigma destrutivo e não-auto-

¹⁰⁹ Moreira (1993), p. 34.

¹¹⁰ Moreira (1993), p. 35.

¹¹¹ Moreira (1993), p. 36.

¹¹² Por mais que saibamos que a maioria dos apelos ecológicos comporta muitos elementos de paranóia, é inegável a alteração, muitas vezes destrutiva, do meio natural pelo homem.

regenerador por um outro paradigma compativelmente heterogêneo e auto-regenerativo. E é justamente o paradigma ecológico que parece se adequar perfeitamente a essas novas necessidades¹¹³.

Gonçalves, discutindo a evolução histórica da concepção dicotômica entre homem e natureza, chega ao século XX, quando essa concepção teria começado a desmoronar. Cita exemplos retirados da etologia para demonstrar que o indivíduo não deve ser compreendido isoladamente, mas nas suas complexas relações com o todo, e da mecânica quântica, que colocaria em xeque a idéia de uma unidade primeira isolável:

“As partículas sofrem de uma crise de identidade: não é possível isolá-las de modo preciso no espaço e no tempo e hesitam entre a dupla e contraditória identidade de onda e corpúsculo (...) Enfim, foi a própria idéia de unidade elementar que se tornou problemática: não existe talvez uma última ou primeira realidade individualizável ou isolável, mas sim um *continuum* – teoria do Bootstrap – ou uma raiz unitária fora do tempo e do espaço”¹¹⁴.

O autor sugere, assim, novos pontos de vista: “Olhar com atenção as diversas contribuições das ciências físicas e biológicas abre um campo enorme para repensar as ciências humanas”¹¹⁵. As transformações ocorridas nas ciências citadas serviriam de inspiração para que as ciências humanas também “acompanhassem a onda” e transformassem suas concepções de base, pois “por todo lado cai por terra o paradigma atomístico-individualista e, com ele, toda uma visão que opõe natureza e cultura”¹¹⁶. Ou seja, quem não acompanhar a onda sucumbirá. A questão ambiental demanda a construção de um novo paradigma onde natureza e cultura não sejam mutuamente excludentes¹¹⁷, ou seja, “É preciso romper com o cartesianismo do *res cogitans*, o sujeito que pensa e a *res extensa*, o mundo que se apresenta diante de nós”¹¹⁸.

Citando Capra o tempo todo, Santos discorre sobre a decadência do paradigma cartesiano, em virtude dos avanços recentes na Física, na Química, na Matemática e na Biologia, e descreve uma espécie de paradigma emergente, cuja principal característica seria a superação do reducionismo cartesiano e sua substituição por explicações holistas

¹¹³ Moreira (1993), p. 119-121.

¹¹⁴ Morin, D’Espagnat (1972), citado por Gonçalves, (1996), p. 46.

¹¹⁵ Gonçalves (1988), p. 26.

¹¹⁶ Gonçalves (1996), p. 48.

¹¹⁷ Gonçalves (1996), p. 82.

¹¹⁸ Gonçalves (1996), p. 92.

da natureza. Torna-se sem sentido a distinção entre sujeito e objeto e entre ciências naturais e ciências humanas, o que favorece um magnífico intercâmbio de saberes.

“Que os modelos explicativos das ciências sociais vêm subjazendo ao desenvolvimento das ciências naturais nas últimas décadas prova-se, além do mais, pela facilidade com que as teorias físico-naturais, uma vez formuladas no seu domínio específico se aplicam ou aspiram aplicar-se no domínio social”¹¹⁹.

“A ciência do paradigma emergente, sendo, como deixei dito acima, assumidamente analógica, é também assumidamente tradutora, ou seja, incentiva os conceitos e as teorias desenvolvidos localmente a emigrarem para outros lugares cognitivos, de modo a poderem ser utilizados fora do seu contexto de origem”¹²⁰.

Enfim, o novo paradigma será caracterizado pela *transgressão metodológica*, pela pluralidade de métodos, visto que os métodos tradicionais só esclarecem o que lhe convém e já denotam sinais de esgotamento:

“Dado que a aproximação entre ciências naturais e ciências sociais se fará no sentido destas últimas, caberá especular se é possível, por exemplo, fazer a análise filológica de um traçado urbano, entrevistar um pássaro ou fazer observação participante entre computadores”¹²¹.

Ainda segundo Santos, “A ciência moderna não é a única explicação possível da realidade e não há sequer qualquer razão científica para a considerar melhor que as explicações alternativas da metafísica, da *astrologia*, da religião, da arte ou da poesia”¹²², pois

“os conceitos de ‘mente imanente’, ‘mente mais ampla’ e ‘mente coletiva’ de Bateson e outros constituem notícias dispersas de que o outro foragido da ciência moderna, Deus, pode estar em vias de regressar. Regressará transfigurado, sem nada de divino senão o nosso desejo de harmonia e comunhão com tudo o que nos rodeia e que, vemos agora, é o mais íntimo de nós. Uma nova gnose está em gestação”¹²³.

¹¹⁹ Santos (2002), p. 41-42.

¹²⁰ Santos (2002), p. 48.

¹²¹ Santos (2002), p. 49.

¹²² Santos (2002), p. 52. Grifo nosso.

¹²³ Santos (2002), p. 51-52.

Já Monteiro toma um sentido diferente dos autores supra-citados. O autor considera que o conjunto das grandes transformações científicas ocorridas ao longo do século XX – estruturas dissipativas, caos, teoria das catástrofes, geometria fractal – “não poderá ser considerado como um ‘período revolucionário’ se lhe emprestarmos o caráter que Kuhn confere ao seu esquema”¹²⁴. Mais adiante, o autor reitera sua rejeição a Kuhn, ao relatar que, apesar de ter empregado Kuhn para descrever algumas mudanças ocorridas na Climatologia e na Geografia, já em meados da década de 1970 se dera conta das limitações do modelo kuhniano. Mas o autor prossegue afirmando ter feito, neste período, a descoberta do autor que apontara a precariedade do modelo de Kuhn e que “me libertara dos últimos pruridos neo-positivistas e me convidara a uma visão epistemológica da Ciência bem mais aberta e convincente”¹²⁵: ninguém menos que o anarquista do método, Paul Feyerabend.

Vejamos um trecho desse autor citado por Monteiro:

“... porque esta (a ciência) é muito mais *fugidia* e *irracional* do que sua imagem metodológica. E são susceptíveis de prejudicar a ciência porque a tentativa de torná-la *mais racional* e mais precisa pode, como vemos, destruí-la. A diferença entre ciência e metodologia, que é óbvio fato da história, indica, portanto, insuficiência da metodologia e, talvez também das *leis da razão*. Com efeito, o que se afigura fugidio, caótico, oportunista quando posto em paralelo com tais leis, tem importantíssima função no desenvolvimento daquelas mesmas teorias que hoje encaramos como partes essenciais do nosso conhecimento acerca da natureza. Esses *desvios*, estes *erros* são pré-condições de progresso. Permitem que o conhecimento sobreviva ao complexo e difícil mundo que habitamos, permitem que nos mantenhamos como agentes livres e afortunados. Sem caos não há conhecimento. Sem freqüente renúncia à razão não há progresso. Idéias que hoje constituem a base da ciência só existem porque houve coisas como o *preconceito*, a vaidade, a paixão; pois estas coisas se opõem à razão; e porque foi permitido que tivessem trânsito”¹²⁶.

Mas o autor ainda acredita na existência de algum tipo de mudança como a que vínhamos descrevendo até agora:

“E, aquela visão ‘mecanicista’ que caracterizou toda a grande fase sobre a égide de Newton está mudando sensivelmente para uma concepção ‘orgânica’ ou mesmo

¹²⁴ Monteiro (1991), p. 109.

¹²⁵ Monteiro (1991), p. 153.

¹²⁶ Feyerabend (1975), p. 278-279, citado por Monteiro (1991), p. 154-155. Grifos no original.

‘ecológica’ como sugere Fritjof Capra (1976 e 1982); o universo da especialização e da fragmentação passará a um outro de reconstrução de um conhecimento mais conjuntivo”¹²⁷.

Monteiro aponta, não somente nos estudos sobre o meio ambiente, mas em praticamente toda a ciência, as limitações da causalidade linear e a necessidade da adoção de abordagens holísticas.

“Relatividade, incerteza, complementaridade e sincronicidade são princípios que não apenas representam uma quebra nas certezas almejadas no conteúdo-verdade da Ciência mas abrem-na a expectativas novas no campo do não-racional e abala o próprio conceito de realidade da matéria”¹²⁸.

O autor considera um paradoxo o fato de os geógrafos, tidos como promotores de sínteses, entregarem-se a visões de mundo cada vez mais limitadas, num momento histórico em que, *de acordo com Capra*, emerge uma “visão mais abrangente do mundo que, em contraste com aquela cartesiana e mecanicista, de um passado recentíssimo, passa a ser caracterizada por palavras como ‘orgânico’, ‘holístico’ e ‘ecológico’”¹²⁹. Tudo está interligado, de maneira que “nós não podemos jamais falar sobre a natureza sem que, ao mesmo tempo, falemos de nós mesmos”¹³⁰. Neste novo momento da ciência, o intercâmbio de saberes entre as culturas terá um papel primordial: “Seja pelo esforço recente de Capra em apreciar o progresso da Física à luz da sabedoria chinesa, (...) constata-se que está na ordem do dia, pela primeira vez, a preocupação com uma *civilização mundial*”¹³¹. “Nossa autosuficiente cultura dita ‘ocidental’ e sua correspondente filosofia terá muito o que aprender com aquelas das velhas civilizações do oriente e daquelas dos povos ditos primitivos”¹³².

Contrariando o determinismo convicto de Laplace, as incertezas e novas possibilidades abertas pelas transformações recentes na ciência fazem-nos recuar até mesmo diante da negativa de algo como a hipótese Deus:

¹²⁷ Monteiro (1991), p. 157.

¹²⁸ Monteiro (1984), p. 22.

¹²⁹ Monteiro (1984), p. 22.

¹³⁰ Capra, p. 77, citado por Monteiro (1984), p. 22.

¹³¹ Monteiro (1984), p. 26.

¹³² Monteiro (1984), p. 25-26.

“De um lado Deus pode ser tomado – até agnosticamente – como uma metáfora necessária a dimensionar o diminuto conhecimento do homem e a distância que o separa do Saber Supremo. Mas por outro lado, Deus (qualquer que seja o seu significado) pode servir também como evocação do anseio de liberdade, da necessidade de sonho e forma de expressão poética do homem em face da natureza”¹³³.

8.2 Críticas ao modelo de Kuhn e suas repercussões

O impacto da obra de Kuhn sobre o universo científico, conforme já foi dito, foi enorme. Ao bater de frente com o realismo de Popper, Kuhn forneceu uma imagem de progresso científico que não se aproxima pouco a pouco de uma “verdade absoluta” difícil de formular, explicando por que a história da ciência às vezes dá sinais de rupturas radicais com o pensamento estabelecido, além de abrir espaço para uma abordagem não-preconceituosa sobre a atuação de fatores aparentemente alheios ao empreendimento científico que muitas vezes mostraram-se cruciais para um avanço. Kuhn, por essas razões, foi imediatamente acolhido como o representante da elaboração de uma imagem de ciência mais condizente com a realidade que a de Popper, a que os filósofos da ciência ansiosamente aguardavam. No entanto, tal impacto não foi isento de inconvenientes, conforme o leitor já deve ter percebido a partir dos autores citados na seção anterior. Porque esses inconvenientes tornaram-se maiores do que as portas abertas por Kuhn, Laudan dirá que ele não falhou simplesmente na tarefa de formular uma teoria *racional* da mudança científica; falhou em formular *uma teoria*¹³⁴!

Inevitavelmente, a análise de Kuhn transformou a mudança científica num processo não-racional. Ao comparar a aceitação de um novo paradigma a uma *conversão religiosa* e ao afirmar não existir um determinado ponto onde seria uma atitude “irracional” permanecer no antigo paradigma ao invés de aceitar o novo, Kuhn

¹³³ Monteiro (1991), p. 180.

¹³⁴ Laudan (1984), p. 71.

não nos leva de forma alguma a conceber a mudança de paradigma como o resultado de uma comparação cuidadosa e deliberada entre as forças rivais¹³⁵.

Praticamente todos os filósofos da ciência consideraram as implicações da teoria de Kuhn muito perturbadoras, pois elas afrontam diretamente o que os filósofos vêm tentando estabelecer há 2000 anos, a saber, que as disputas científicas, assim como todas as discordâncias sobre questões de fato, são em princípio abertas ao esclarecimento e a soluções racionais. Sem dúvida, não são de todo injustas as críticas que acusam Kuhn de relativismo, subjetivismo e irracionalismo¹³⁶.

A partir de 1962, boa parte dos trabalhos de Kuhn concentrou-se em esclarecer algumas das ambigüidades e confusões criadas pela linguagem empregada em *A estrutura das revoluções científicas*. No entanto, qualquer tentativa de remediar a teoria de Kuhn através de emendas implicaria em sua destruição. Assumir que os valores cognitivos estão abertos à discussão racional ou desconsiderar a integralidade dos paradigmas, permitindo a cada componente seu mudanças individuais, que não alterariam de todo uma visão de mundo, provocaria uma mudança tão radical na teoria que ela simplesmente perderia toda sua caracterização: os pontos a serem mudados seriam justamente as bases sobre as quais a teoria de Kuhn está assentada¹³⁷.

A concepção de paradigma em Kuhn como um bloco *indissociável* de teorias, métodos e objetivos cognitivos sem dúvida é a responsável por certas profecias apressadas que temos visto recentemente, e que foram explicitadas nos textos dos autores citados na seção anterior. Ao menor sinal de uma sombra de uma sugestão de se empregar a teoria geral dos sistemas no lugar de uma investigação positivista tradicional, já se anuncia a emergência de um novo paradigma, que substituirá a racionalidade cartesiana, já caduca, e abrirá perspectivas mais integradoras entre o homem e a natureza, fazendo deixar de ter sentido a distinção entre ciências naturais e ciências humanas e convidando a Geografia a acompanhar a onda de mudanças ocorridas na Física, em especial na mecânica quântica, e a superar a fragmentação de suas sub-disciplinas... Vejamos o que diz Leff a esse respeito:

“o ecologismo aparece como um pensamento emancipador, capaz de ‘restaurar e inclusive transcender o estado libertador das ciências e filosofias tradicionais’ (Bookchin, 1971: 80). Porém, nem a ecologia generalizada nem a teoria geral dos

¹³⁵ Laudan (1984), p. 70.

¹³⁶ Laudan (1984), p. 73.

¹³⁷ Laudan (1984), p. 73.

sistemas resultam ‘revolucionárias’ em razão de seu enfoque integrador e de sua vontade de totalidade”¹³⁸.

O argumento de toda a obra citada de Leff é o de que a teoria geral dos sistemas tem sido apresentada como um remédio para todos os males de que a ciência tem padecido, possibilitando também uma reintegração entre as diferentes ciências. No entanto, para Leff, esta proposta na verdade não altera os problemas apregoados: unidade da ciência, uma teoria capaz de explicar quase todos os fenômenos e de aplicabilidade em quase todos os campos... Qual a diferença entre esse enfoque e a abordagem positivista tradicional? Para Leff, ambos são *integradores*, *homogeneizantes* e *reducionistas*, ou seja, simplesmente substituir o determinismo positivista pela teoria geral dos sistemas definitivamente não faz uma revolução metodológica. A complexidade atual de todos os campos do saber manifesta a impossibilidade da unidade da ciência, de qualquer forma de pensamento homogeneizante e reducionista¹³⁹. Os geógrafos sabem muito bem que, em matéria de “novos horizontes”, “interdisciplinaridade” e afins tem sido produzido muito mais discurso do que ação efetiva. Enfim, o que estaria ocorrendo seria somente uma mudança no nível *metodológico*, permanecendo o restante do corpo das ciências relacionadas ao meio ambiente fundamentalmente inalterado, não se podendo falar em relação a elas de uma “mudança de paradigma”. Continuamos, nesse intercâmbio de teorias, com a pretensão de encontrar a “teoria do tudo”, a explicação final, agora mais forte do que nunca. O que difere, pois, o chamado novo paradigma do chamado antigo paradigma?

Na verdade, os assim chamados paradigmas não são concebidos pelos cientistas, de modo geral, de maneira tão indissociável quanto Kuhn o faz. Tampouco *deveriam* ser assim concebidos. Se uma teoria não explica mais a realidade satisfatoriamente, se um método não promove mais os objetivos cognitivos almejados, se esses objetivos se mostram utópicos, o cientista terá boas razões para substituir estas peças por alguma mais adequada, *sem necessidade de modificar o restante*¹⁴⁰.

Laudan adverte que antes de aceitar apressadamente a realidade das mudanças de paradigma, devemos nos perguntar até que ponto elas adquirem essa plausibilidade por conta da nossa caracterização retrospectiva, que comprime uma série de mudanças graduais (conhecidas ou não) no tempo, fazendo com que a mudança pareça realmente

¹³⁸ Leff (2002), p. 201.

¹³⁹ Leff (2002), p. 203.

¹⁴⁰ Laudan (1984), p. 74.

um salto monumental. De fato, quando se estuda a história da ciência, começa-se a notar certas ligações entre os níveis ontológico, metodológico e axiológico; nota-se também que eles mudam com o passar do tempo e, olhando-se à distância, não é difícil conjecturar que suas mudanças estejam interconectadas e imaginar que são simultâneas, ou pelo menos muito próximas umas das outras. Somemos a isso a análise de alguns exemplos familiares – como a revolução científica do século XVII e o par teoria da relatividade / mecânica quântica, e teremos um quadro explicativo perfeitamente coerente em favor das revoluções científicas. *Mas será que estas “revoluções” foram mesmo rupturas abruptas?* Como não levar em consideração todos os antecedentes de mudanças, todas as pequenas descobertas de cientistas anônimos, todas as lentas transições ofuscadas pelo tempo que prepararam terreno para a consolidação das grandes mudanças? Claro, não está excluída a possibilidade de uma ruptura global, mas este é um evento extraordinário e não a regra. O que realmente ocorre aos caminhos da ciência são mudanças paulatinas que, observadas em blocos de longos períodos, perdem sua visibilidade em favor das mudanças mais notáveis¹⁴¹.

A conclusão de Laudan é a de que podem ocorrer mudanças nos três níveis, até mesmo concomitantes, mas isso não é uma obrigatoriedade:

“a mudança científica é substancialmente mais fragmentada do que o modelo holístico sugere. Mudanças de valores nem sempre acompanham ou são acompanhadas por mudanças de paradigma científico. Mudanças de regras metodológicas podem mas não necessitam estar associadas a mudanças de valores ou teorias. Os três níveis, apesar de estarem inquestionavelmente inter-relacionados, não vêm na forma de um pacote na base do ‘é pegar ou largar’”¹⁴².

Quem compartilha da visão de Kuhn corre o sério risco de não perceber o fato não incomum de que visões de mundo rivais podem compartilhar os mesmos pressupostos ou, ao contrário, visões de mundo semelhantes podem ter pressupostos completamente diferentes. Enfim: uma teoria não está indissociavelmente ligada a um único paradigma e simples mudanças teóricas não determinam necessariamente uma revolução paradigmática – se é que isso existe¹⁴³.

¹⁴¹ Laudan (1984), p. 75; 85.

¹⁴² Laudan (1984), p. 84.

¹⁴³ Laudan (1984), p. 87.

É justamente o caráter ambíguo da Geografia – ciência natural ou humana? – que a torna uma ciência privilegiada para a ocorrência de extrapolações apressadas e fantasiosas, sem o menor critério no intercâmbio de teorias e métodos entre as ciências, que tão logo formulados serão considerados uma mudança de paradigma, *pelo simples fato de parecerem novos* – afinal de contas, qualquer novidade em ciência implica necessariamente em uma mudança revolucionária na visão de mundo... A afirmação de que “Olhar com atenção as diversas contribuições das ciências físicas e biológicas abre um campo enorme para repensar as ciências humanas” deve ser examinada com *muita* cautela. Do fato de ocorrer uma mudança numa ciência não se segue que as outras ciências, especialmente aquelas cujo objeto de estudo é inteiramente outro, devam acompanhar a onda. Tal idéia disfarça muito mal a noção consagrada na cultura da superioridade das ciências naturais em relação às ciências humanas. É equivalente a admitir que elas são as grandes locomotivas impulsionadoras do conhecimento, cabendo às ciências humanas a simples tarefa de dançar conforme a música.

A esta perspectiva, respondemos com Sokal e Bricmont: “As ciências naturais não são um mero reservatório de metáforas prontas para ser empregadas nas ciências humanas”¹⁴⁴ e “As ciências sociais têm seus próprios problemas e seus próprios métodos; elas não estão obrigadas a seguir cada ‘mudança de paradigma’ (real ou imaginária) na física ou na biologia”¹⁴⁵. Nenhum cientista de humanidades precisa invocar a mecânica quântica para sustentar que observador e observado muitas vezes se confundem. De fato, como afirma Santos, é muito fácil estabelecer esse tipo de intercâmbio de teorias entre diferentes campos aparentemente sem relação entre si, principalmente quando falta ao autor domínio teórico em pelo menos um deles. Compreender os padrões da matéria ou da mente não é tarefa fácil nem mesmo para os maiores especialistas nestes assuntos, mas, justamente por isso, é fácil iludir a si próprio e aos outros com essa manobra – entre dois assuntos desconhecidos, qualquer correlação pode ser estabelecida sem maiores contestações.

Para concluir esta seção, vale a pena recordar o caso da *paródia de Sokal*. Em maio de 1996, o autor publicou na revista norte-americana *Social Text* um artigo, amparado por uma extensa bibliografia, intitulado *Transgredindo as fronteiras: em direção a uma hermenêutica transformativa da gravitação quântica* (*Transgressing the Boundaries: Towards a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity*), no qual

¹⁴⁴ Sokal; Bricmont (1999), p. 205.

¹⁴⁵ Sokal; Bricmont (1999), p. 206. Grifo nosso.

tecida exaltados louvores à “ciência pós-moderna” e seus relativismos, mesclando *incontáveis* conceitos de ciências exatas, ciências sociais e filosofia para criticar o paradigma cartesiano e sustentar a idéia da necessidade da transgressão de fronteiras, da mudança de paradigmas em ciência, pois só ela seria capaz de uma verdadeira transformação da sociedade e da nossa visão tradicional de mundo, enfim, algo muito parecido com os textos dos autores citados na seção anterior. Após a excelente acolhida recebida pelo artigo, Sokal publicou na revista *Lingua Franca*, de maio/junho de 1996, outro artigo que denunciava seu próprio artigo da *Social Text* como uma grande farsa, uma verdadeira paródia dos escritos filosóficos e científicos auto-denominados “pós-modernos”, numa crítica à seus constantes usos e apropriações fora de contexto, sem critério e sem sentido de noções científicas e filosóficas pouco compreendidas pelo público e pelos próprios autores, mas que costumam ser citados como prova da emergência de um novo paradigma. Neste segundo artigo, o autor faz uma sugestão aos neoparadigmáticos, que endossamos aqui: “qualquer pessoa que acredite que as leis da Física são meras convenções sociais está convidada a tentar transgredir essas convenções da janela do meu apartamento (eu moro no vigésimo-primeiro andar)”.

Seriam estes novos paradigmas realmente mais frutíferos que o antigo?

8.2.1 *O irracionalismo justificado: Feyerabend*

Paul Feyerabend e seus aprovadores merecem algumas palavras em separado. Assim como Thomas Kuhn e Imre Lakatos, sua principal influência, o autor procura tecer uma crítica ao método de Popper. Entretanto, não seria um exagero assegurar que sua obra representa o ápice do louvor ao irracionalismo na filosofia da ciência do século XX.

O ponto central do ataque de Feyerabend à racionalidade e à metodologia científicas é a constatação de que estas são estéreis e falidas porque não existe um princípio ou regra de avaliação teórica que não impediu – ou não impediria, caso fosse implementado – o progresso científico. Feyerabend considera que os maiores avanços da ciência – seus principais exemplos são Galileu, Newton e Einstein – são produtos de

pioneiros preparados para romper violentamente com os mais sagrados princípios do rigor da razão¹⁴⁶. A ciência moderna não avançou porque os cientistas seguiram regras de racionalidade e avaliação de teorias como aquelas descritas por Carnap e Popper, mas somente porque os cientistas estiveram dispostos a se comportar de uma maneira considerada irracional¹⁴⁷.

Para Feyerabend, os cientistas às vezes agem contra indutivamente, ignorando deliberadamente evidências contrárias e recusando-se a abandonar hipóteses que parecem já ter sido definitivamente refutadas. Com frequência, eles mentem, trapaceiam, suprimem informações, fazem panfletagem e recorrem a todo tipo de truques para persuadir os outros a compartilhar de seu ponto de vista. E o mais curioso é que todo esse comportamento aparentemente fraudulento é, para Feyerabend, absolutamente crucial para o avanço da ciência. A conclusão do autor é a de que não existem regras viáveis de racionalidade científica e não pode haver *uma metodologia* para a ciência simplesmente porque não existem regras gerais ou panorâmicas sobre como comparar ou abordar as teorias científicas. Na ciência, o anarquismo reina; a única regra relevante é “*tudo vale*” [*anything goes*]. Os cientistas, ele insiste, tiveram sucesso na construção da ciência somente “porque não se permitiram ser presos pelas ‘leis da razão’, ‘padrões de racionalidade’ ou ‘leis imutáveis da natureza’”¹⁴⁸.

Nenhuma das afirmações de Feyerabend seria muito perturbadora se elas simplesmente fossem atribuídas ao comportamento de uma minoria aberrante de cientistas. Afinal de contas, nem o mais devoto crente da racionalidade científica sustentaria que todos os cientistas são racionais o tempo todo! A polêmica, então, surge do fato de Feyerabend afirmar que são justamente os grandes rompimentos com a racionalidade científica os responsáveis por terem conduzido a ciência moderna ao seu estágio atual. Não são charlatões que ele está descrevendo, mas sim figuras consideradas heróicas na nossa cultura científica, como Kepler, Copérnico, Einstein e Galileu. Foram eles que procederam contra-indutivamente, que ignoraram evidências contrárias e que recorreram a todo tipo de trapaça para se fazerem ouvidos¹⁴⁹.

Laudan duvida de que os exemplos históricos citados por Feyerabend realmente correspondam à realidade, mas afirma que, mesmo assumindo-se que estejam corretos, a

¹⁴⁶ Laudan (1996), p. 99-100.

¹⁴⁷ Laudan (1996), p. 102.

¹⁴⁸ Feyerabend (1978), p. 99, 190-191, citado por Laudan (1996), p. 100.

¹⁴⁹ Laudan (1996), p. 102.

maioria das conclusões que ele deriva daí simplesmente não se segue¹⁵⁰. Do fato de que um punhado de cientistas tenha sido bem-sucedido em proceder de maneira considerada irracional – novamente, assumindo que eles realmente tenham procedido assim – não se segue que devemos repudiar *todas* as regras, principalmente quando funcionam na imensa maioria dos casos. Seria o mesmo que sustentar que, porque algumas pessoas apresentam uma regressão de tumores malignos sem recorrer a nenhum tratamento, segue-se que não é razoável recomendar a pacientes de câncer que procurem auxílio médico¹⁵¹. Da crítica que o autor faz a determinados métodos – em especial, aqueles associados ao positivismo de Carnap e Popper – ele conclui que *todo* o empreendimento de delinear regras de metodologia científica está mal concebido. Laudan diz que essa manobra é um monumental *non sequitur*. Do fato de que a metodologia de Popper não é razoável obviamente não se segue que *qualquer* metodologia está fadada ao fracasso. Tal atitude, para Laudan, revela muito mais sobre a estreiteza da herança filosófica de Feyerabend da London School of Economics do que sobre uma conclusão legítima a ser derivada do colapso da metodologia popperiana¹⁵². Por tudo isso, Laudan lamenta o fato de muitos leitores de Feyerabend terem-no levado tão a sério, talvez mais do que o próprio autor pretendia¹⁵³.

8.2.2 A incorporação mística dos novos paradigmas

Em 1967, o professor Lynn White Jr. publicou um artigo na revista *Science* no qual se propunha a discutir as raízes históricas da crise ecológica. De acordo com o autor, “O que as pessoas fazem em relação à ecologia depende do que elas pensam sobre si mesmas em relação às coisas ao seu redor. A ecologia humana é profundamente condicionada pelas crenças sobre nossa natureza e destino – isto é, pela religião”¹⁵⁴. O objetivo desta publicação consistia em demonstrar que a religião cristã, por conta de

¹⁵⁰ Laudan (1996), p. 102-103.

¹⁵¹ Laudan (1996), p. 104.

¹⁵² Laudan (1996), p. 104.

¹⁵³ Laudan (1996), p. 100.

¹⁵⁴ White Jr. (1967), p. 1205.

seus dogmas mais centrais, é um dos principais culpados pela crise ecológica. Para White Jr., o Cristianismo é a religião mais antropocêntrica que o mundo já conheceu. Deus criou o mundo explicitamente para benefício humano: nenhum item da Criação tem outro propósito além de servir os propósitos humanos. E, apesar de ter sido feito do barro, o homem não é uma simples parte da natureza, pois foi feito à imagem e semelhança de Deus, tem uma alma, compartilha com o próprio Deus a característica da transcendência sobre o mundo natural. Diferentemente, para os antigos povos pagãos, todos os seres do mundo natural detinham algo como uma alma ou um espírito guardião. Ao destruir esse paganismo animista, o Cristianismo abriu a possibilidade da exploração da natureza com indiferença aos sentimentos dos entes naturais¹⁵⁵.

White duvida que a crise ecológica possa ser solucionada através da aplicação de novas tecnologias aos nossos problemas. Se a origem deles reside em nossas idéias sobre o relacionamento entre o homem e a natureza, a solução também deverá vir daí; desse modo, a crise ecológica só poderá começar a ser solucionada se encontrarmos uma nova religião ou repensarmos a nossa. O autor propõe o resgate da filosofia de São Francisco de Assis, cuja chave para a compreensão é a idéia de humildade, não apenas individualmente mas do homem como espécie, ao contrário da corrente cristã dominante¹⁵⁶. De acordo com o autor, “São Francisco tentou depor o homem de sua monarquia sobre a criação e estabelecer uma democracia de todas as criaturas de Deus”¹⁵⁷. Por fim, nós continuaremos a ver uma crise ecológica em permanente agravamento enquanto não rejeitarmos o axioma cristão de que a natureza não possui outro propósito além de servir o homem¹⁵⁸.

As idéias de White Jr. não são novas: entre outros exemplos, Thomas cita Arthur Schopenhauer, que já considerava a idéia segundo a qual os homens não possuem obrigações para com os animais como “uma das vulgaridades revoltantes, um traço bárbaro do ocidente, cuja fonte está no judaísmo”¹⁵⁹. No entanto, servem como uma bela ilustração da crença muito presente no chamado novo paradigma de que a mudança de mentalidade necessária a uma mudança de atitude em relação à natureza passará *necessariamente* por uma mudança nas crenças religiosas, seja sob a forma de maior

¹⁵⁵ White Jr. (1967), p. 1205.

¹⁵⁶ White Jr. (1967), p. 1206-1207.

¹⁵⁷ White Jr. (1967), p. 1206.

¹⁵⁸ White Jr. (1967), p. 1207.

¹⁵⁹ Schopenhauer, *The basis of morality* (1903), p. 218, citado por Thomas (1989), p. 28.

abertura ao pensamento religioso oriental ou dos chamados povos primitivos, seja pelo sentimento de unidade entre o espírito humano e a Mãe Natureza.

Atualmente, o principal autor a descrever e fundamentar a mudança em direção a um paradigma holístico acompanhado de um novo sentimento religioso é Fritjof Capra – autor de *O tao da Física* e *O ponto de mutação* –, infelizmente citado em uma grande quantidade de trabalhos, como alguns dos que citamos aqui. Vejamos como o autor relata o momento em que se deu conta da perfeita harmonia entre todas as coisas na natureza:

“Há cinco anos experimentei algo de muito belo, que me levou a percorrer o caminho que acabaria por resultar neste livro. Eu estava sentado na praia, ao cair de uma tarde de verão, e observava o movimento das ondas, sentindo ao mesmo tempo o ritmo de minha própria respiração. Nesse momento, subitamente, apercebi-me intensamente do ambiente que me cercava: este se me afigurava como se participasse de uma gigantesca dança cósmica (...) Vi os átomos dos elementos – bem como aqueles pertencentes a meu próprio corpo – participarem desta dança cósmica de energia. Senti o seu ritmo e ‘ouvi’ o seu som. Nesse momento *compreendi* que se tratava da Dança de Shiva, o Deus dos dançarinos, adorado pelos hindus”¹⁶⁰.

Capra sugere em suas obras que as novas descobertas científicas denotam grande semelhança com o pensamento de religiões orientais, fornecendo um lastro filosófico consistente para as novas teorias científicas e abrindo possibilidades para uma concepção de mundo em que a ciência pode estar em perfeita harmonia com as crenças religiosas. O novo paradigma sistêmico é, em sua essência mais profunda, espiritual e, portanto, compatível com muitas idéias sustentadas pelas tradições místicas, especialmente o taoísmo, que assim como as teorias científicas atuais dá grande destaque aos conceitos de processo, mudança e flutuação¹⁶¹. Por isso, não são poucos os que enxergam nos “novos paradigmas” algo como um indício de que Deus não morreu e um grito contra uma ciência degradadora da natureza e do ser humano.

“Estamos, no entanto, testemunhando ao mesmo tempo o início de um espantoso movimento evolutivo que parece ilustrar o antigo ensinamento chinês segundo o qual o ‘yang tendo atingido o seu clímax retrocede a favor do yin’. As décadas de 60 e 70 geraram toda uma série de movimentos sociais que parecem

¹⁶⁰ Capra (1983), p. 13.

¹⁶¹ Capra (1995), p. 279; 296-297.

caminhar nessa mesma direção. A preocupação crescente com a ecologia, o forte interesse pelo misticismo, a progressiva conscientização feminista e a redescoberta de acessos holísticos à saúde e a cura são manifestações da mesma tendência evolucionária”¹⁶².

Paremos um instante para refletirmos um pouco sobre a seguinte questão: por que a “ciência ocidental” é ocidental, e não indiana ou chinesa? O que a Europa possui de diferente das civilizações orientais? Talvez a resposta a esta questão esteja nas visões de mundo estabelecidas de longa data em cada região. A Europa possui uma longa tradição – remontando aos gregos e adentrando a elaboração medieval da teologia católica – de buscar uma rigorosa organização do pensamento, derivar conclusões lógicas e não aceitar – ou no mínimo contornar – as contradições. Pode causar estranheza hoje a afirmação de uma preocupação com a coerência do pensamento na Idade Média, mas, se aceitarmos algumas premissas básicas – como a existência de Deus e a criação do mundo tal como descrita no Gênesis –, todas as derivações seguintes fazem, sim, muito sentido. Existe uma clara intenção, na teologia medieval, na filosofia escolástica, de enxergar uma ordem na terra e no céu e explicá-la a partir da mentalidade e dos desígnios – imutáveis! – de um *único* legislador, elaborador de leis cuja contrariedade é necessariamente causa ou consequência de um pecado ou uma transgressão qualquer. Needham¹⁶³ cita um exemplo: na Europa medieval, moviam-se acusações de bruxaria e processos contra galos acusados de pôr ovos. Loucuras à parte, a perseguição tinha um motivo bastante compreensível: galos não põem ovos! Se o fazem, estão contrariando uma lei natural (ou lei de Deus), o que só pode se dar através de bruxaria! Ora, as civilizações indiana e chinesa sequer imaginariam um processo desse tipo, pois tal “fenômeno” não seria considerado um desvio da ordem natural garantida por Deus. O taoísmo não concebe um Deus pessoal e louva a harmonia dos opostos, em permanente substituição; já o hinduísmo possui milhões de deuses, às vezes até antagônicos, e não faz uma clara distinção entre o bem e o mal. Basta lembrar a história descrita no Bhagavad-Gita: Arjuna em permanente dúvida se deve ou não travar uma guerra contra seus próprios parentes, e Krishna incentivando-o a fazê-lo, demonstrando como são tênues as fronteiras entre o bem e o mal, o certo e o errado, e a dificuldade humana em discerni-los. O ponto mais importante a ser notado nesta comparação é, pois, a perfeita *tolerância das contradições* nas civilizações orientais,

¹⁶² Capra (1983), p. 17.

¹⁶³ Citado por Japiassu (1996), p. 205.

quando ocorre o extremo oposto na Europa: ao menor sinal, delirante que fosse, de um ovo posto por um galo, o pobre animal seria imediatamente lançado às fogueiras da Inquisição. Daí a conclusão de Needham: “Talvez a forma de espírito, fazendo de um galo poedor um ser merecendo sofrer os rigores da lei, fosse necessária numa cultura para que ela pudesse, mais tarde, produzir um Kepler”¹⁶⁴. Muito embora o desenvolvimento posterior da ciência ocidental tenha prescindido de um legislador racional e imutável, a herança ordenadora do pensamento permanecera. Eis, portanto, o motivo do fraco desenvolvimento das protociências orientais: nenhum conhecimento sistematizado pode nascer de uma cultura despreocupada com as contradições.

A obra de Capra e suas derivações cumprem uma função cultural muito próxima do fervor religioso e que há muito foi extirpada da ciência: atribuir um *sentido* ao mundo e às nossas vidas. Apesar de todo o desenvolvimento e aplicações tecnológicas atingidos pela ciência positiva – ou, talvez, justamente por causa deles – vemos surgir em parte da comunidade científica essas atitudes de reencantamento do mundo, de retomada do pensamento místico-religioso em ciência. Muito embora haja uma grande quantidade de cientistas-místicos mal-intencionados, cujos interesses restringem-se à promoção e enriquecimento pessoais com base em uma mentira, boa parte deles são pessoas envolvidas por um desejo sincero – mas nem por isso menos culpadas – de fazer uma ciência mais humana, de tornar nossas vidas mais agradáveis, de degradar menos a natureza, de dar um sentido às nossas existências. Porém, tal atitude representa um perigoso distúrbio que pode diminuir o ceticismo e favorecer o auto-engano em ciência. Às pessoas que infelizmente citam Capra e, como ele, acreditam na possibilidade de que os novos paradigmas possam ensinar-nos algo sobre o sentido do mundo e, ao revelar os mistérios da natureza, desvendar também os mistérios do pensamento divino ou algo assim, apresentamos o conselho de Weber:

“E enquanto tentarmos fabricar intelectualmente novas religiões, chegaremos em nosso íntimo, na ausência de qualquer nova e autêntica profecia, a algo semelhante [a obras de arte de senso estético duvidoso] e que terá, para nossa alma, efeitos ainda mais desastrosos. As profecias que caem das cátedras universitárias não têm outro resultado senão o de dar lugar a seitas de fanáticos e jamais produzem comunidades verdadeiras. A quem não é capaz de suportar virilmente esse destino de nossa época [desencantamento do mundo}, só cabe dar o conselho seguinte: **volta em silêncio, sem dar a teu gesto a publicidade habitual dos renegados, com simplicidade e**

¹⁶⁴ Citado por Japiassu (1996), p. 205.

recolhimento, aos braços abertos e cheios de misericórdia das velhas Igrejas. Elas não tornarão penoso o retorno. De uma ou de outra maneira, quem retorna será inevitavelmente compelido a fazer o ‘sacrifício do intelecto’. (...) [Esse sacrifício] é moralmente superior à arte de fugir a um claro dever de probidade intelectual, que se põe quando não existe a coragem de enfrentar claramente as escolhas últimas, e se manifesta, em seu lugar, inclinação por consentir em um relativismo precário”¹⁶⁵.

¹⁶⁵ Weber (1985), p. 51. Grifo nosso.

9. *A necessidade de uma nova razão*

“Não existe nenhuma linha reta que conduza a humanidade da barbárie à civilização. Mas existe uma linha reta que conduz do estilingue à bomba de megatons”.
(Theodor Adorno, **Dialética Negativa**, 1966)

No capítulo anterior, discutimos a idéia de que a crise ambiental engendrada pelas atividades humanas pode ser solucionada através de uma mudança de paradigma, ou seja, uma mudança de atitude científica e técnica em relação à natureza que nos reconduziria a nosso suposto “estado original”, ou seja, de perfeita harmonia e ligação com a natureza. A ciência denominada “clássica”, frente às acusações de extremos reducionismo e numericismo, capitula frente a um “pensamento pós-moderno”, tão popular quanto parcamente explicado e que insiste na *substituição* da razão pela intuição e pela percepção subjetiva, seja lá o que isso signifique¹. Conforme afirmou Capra (p. 202 deste trabalho), tais novos paradigmas seriam a base de uma verdadeira revolução ética: quando finalmente compreendermos que *a natureza e o eu são um só*, estará extirpada a raiz de sua destruição, haja vista que ela será encarada como destruição de nós mesmos. Por fim, de acordo com Capra, quando alcançarmos essa compreensão, ninguém necessitará de advertências morais para tratar a natureza com cuidado e afeição.

É extremamente curioso (ou talvez não) como uma filosofia tão pobre, tacaña, lastimável e fácil de ser refutada consegue seduzir a tantas pessoas. Não precisamos de muito esforço para perceber o quanto as novas éticas e novos paradigmas sugeridos por Capra e seus seguidores são perfeitos reforçadores do modelo de racionalidade que, de acordo com eles próprios, desencadeou a chamada crise ambiental. Nada mais

¹ Sokal; Bricmont (1999), p. 135; 143.

antropocêntrico do que sugerir que destruir a natureza equivale a destruir a nós mesmos: com esse apelo, incitamos a preservação *da humanidade* e não da natureza! Devo preservar minha integridade física como ser humano; para tanto, devo preservar a natureza, pois ela é a base material do meu sustento, ela é uma *parte de mim*, e não devo, não posso e não quero destruir a mim. Não são as espécies em risco de extinção o motivo de preocupação, mas sim o futuro da humanidade. Tal raciocínio impressiona e, ainda que possa denotar algum tipo de moral, por envolver o bem-estar humano, não esconde seu antropocentrismo e seu pragmatismo, sendo, por isso, incorreto². E, como se não bastasse, Capra ainda adiciona que esta nova ética não necessita de advertências morais para se concretizar, demandando apenas a nova percepção!!!! **Onde está, neste tipo de raciocínio, a mudança de paradigma? Onde está a nova ética? Que tipo de novos valores foram incorporados? Existe realmente algo que diferencie esta filosofia da razão instrumental por ela supostamente criticada? NÃO, de forma nenhuma!!!!** Ela permanece impregnada da mesma lógica pragmatista que guia o pensamento “ecologicamente correto” na contemporaneidade: preservam-se os literalmente recursos naturais pelo seu valor instrumental, sua utilidade, pelas consequências negativas de sua destruição e não pelo seu valor intrínseco³. Diagnostica um existente onde “tudo é relativo” em matéria de ética e, na impossibilidade de fundar um discurso preservacionista sólido sobre estas bases, apega-se a argumentos científicos e supostamente científicos que *impressionem e funcionem*, que consigam convencer o grande público, não afeito a reflexões um pouco mais abstratas, da necessidade da preservação: todas as coisas neste planeta estão interligadas; nós estamos sobre este planeta; logo, estamos indissociavelmente ligados ao mundo natural e destruí-lo resultará inevitavelmente na *nossa* destruição. Elabora prognósticos apocalípticos como consequência da nossa atitude egoísta (sem notar, é claro, a igualmente egoísta solução proposta) para forçar-nos a tomar alguma atitude *concreta*: se não parmos de emitir gases estufa, o planeta perecerá diante do aquecimento global. **Insisto: onde está a nova ética, a mudança de paradigma?**

A simples adoção de medidas “verdes” não altera o modo de produção e a filosofia que produziram a degradação. Tais atitudes são falsas alternativas neste contexto porque estão plenamente inseridas e são reforçadoras do pragmatismo

² Rolston III, in Elliot (1995), p. 61-62.

³ Brügger (2004), p. 22.

ambiental: basta tomar uma atitude prática que tudo se resolve, sem que sejam necessárias maiores considerações epistemológicas e éticas – inúteis, por sinal⁴.

“A maioria dos ‘prognósticos apocalípticos’ com relação ao meio ambiente não apenas fazem parte do domínio público como também encontram-se de tal forma desgastados que caíram em um imenso vazio. Não é esse o principal tipo de informação que está faltando”⁵.

As chamadas amedrontadoras sobre o aquecimento global, que nos bombardeiam por onde quer que andemos, sempre exibindo os resultados de alguma nova pesquisa que confirma o conhecimento divulgado anteriormente, enfim, o simples aumento na quantidade de informações não contribui para o aumento da reflexão crítica sobre o tema. “O que mais nos falta não é o conhecimento do que ignoramos, mas a capacidade de pensarmos o que já conhecemos”⁶. Chamadas amedrontadoras efetivamente provocam alguma reação nas pessoas. Razões utilitárias para a preservação podem até parecer positivas, necessárias para a elaboração de políticas. Mas, pergunta Rolston, não podemos descobrir as *melhores razões*, uma vez que para lidar apropriadamente com um problema, devemos também pensá-lo apropriadamente⁷?

“Vários bilhões de anos de trabalho criativo, vários milhões de espécies de vida abundante foram entregues aos cuidados da espécie recém-chegada, na qual floresceu a mente e emergiu a moral. Não deveria essa espécie moral única fazer algo com menor interesse próprio do que contabilizar a produtividade de ecossistemas como pregos de uma nave espacial, recursos disponíveis na despensa, materiais de laboratório, ou divertimento para seus passeios? Tal atitude não parece ser biologicamente enformada, muito menos adequada eticamente”⁸.

Estamos, com o pragmatismo ambiental, efetivamente contribuindo para a preservação da natureza? E mais: estamos, com essa atitude de Capra, onde as advertências morais são desnecessárias, evitando a repetição de Auschwitz?

⁴ Brügger (2004), p. 25.

⁵ Brügger (2004), p. 38.

⁶ Japiassu (1996), p. 61.

⁷ Rolston III, in Elliot (1995), p. 63.

⁸ Rolston III, in Elliot (1995), p. 75.

Nada mais enganoso do que postular uma unidade entre o homem e a natureza com a finalidade de incitar à preservação. Nada mais regressivo do que tentar retornar a um passado ilusório:

“Você está criticando a uniformização da vida e o progresso? Será que, à noite, a gente deve voltar a acender velas de cera? Será que o fedor do lixo deve voltar a empestear nossas cidades, como na Idade Média? Você não gosta dos matadouros, será que a sociedade deve passar a comer legumes crus? Por mais absurdo que seja, a resposta positiva a essas questões encontra ouvidos”⁹.

“A anamnese da liberdade no belo natural induz ao erro, porque ela espera liberdade num *não-livre* mais antigo”¹⁰. Horkheimer afirmará que o dualismo entre natureza e espírito não pode ser negado em favor de uma pretensa unidade original entre essas duas categorias, da mesma maneira que não podem ser revertidas as verdadeiras tendências históricas derivadas desse dualismo¹¹. Diante das nossas necessidades de sobrevivência, não é possível uma perfeita rearmonização entre o homem e a natureza, posto que tal paz perfeita não parece pertencer a qualquer realidade concebível. A natureza não representa um paraíso perdido, no qual estivemos incluídos no passado (e estaremos reincluídos no futuro, para o bem da humanidade), como pretendem alguns rousseauianos, assim como o passado dourado de perfeita harmonia entre homem e natureza, a que muitos anseiam retornar, nunca existiu¹². Trata-se unicamente de uma idealização romântica, ingênua e escapista muito característica de situações desesperadoras: *desejamos retornar a um passado não vivido e libertarmo-nos, assim, de um existente regressivo e sem saída*.

Qualquer tentativa de afirmação da unidade entre natureza e espírito humano é forçada; o melhor seria transcendê-la intelectualmente de acordo com suas potencialidades¹³. Qualquer corrente de pensamento que afirme a unidade entre natureza e espírito como um dado pretensamente supremo acaba na verdade por fortificar a idéia da dominação da natureza pelo homem: a própria tendência a postular tal unidade corresponde a uma tentativa de consolidar a aspiração do espírito humano para a

⁹ Adorno; Horkheimer (1985), p. 221.

¹⁰ Adorno, *Teoria Estética*, p. 104, citado por Duarte (1993), p. 144. Grifo nosso.

¹¹ O termo “natureza”, na obra de Horkheimer, não faz referência somente ao meio ambiente, mas também aos instintos humanos. Já o termo “espírito” não tem o sentido de alma, mas de razão.

¹² Marcuse (1981), p. 71, 73; Duarte (1993), p. 192-193; Adorno, *Teoria Estética*, p. 104, citado por Duarte (1993), p. 144.

¹³ Horkheimer (2002), p. 170.

dominação total. A situação não se altera mesmo quando tal unidade é proclamada em nome da natureza, ocultando mal a afirmação da soberania do espírito, visto que é este quem concebe o primado da natureza e subordina-lhe todas as coisas. Essa atitude naturalista de desprezo pelo espírito humano, segundo Horkheimer, está no fundo de diversas formas de pensamento semicientífico. E continua: “Quando se afirma ao homem que ele é natureza, e nada mais que isso, o máximo que se pode fazer é ter pena dele”¹⁴, pois seria simplesmente uma vítima dos processos naturais. Tais teorias esquecem-se de que a mente humana, durante sua trajetória histórica, queiramos ou não, tornou-se não-natureza. É impossível para o homem moderno “retornar” a um estado de harmonia plena com a natureza porque a separação sujeito-objeto, correlata da autoconsciência do homem como diferente da natureza, não pode ser desfeita. Qualquer tentativa de retorno a um estado de felicidade paradisíaca anterior à cultura corresponderia a uma diluição da própria consciência de si. O que o homem busca, então, é uma inclusão e não um retorno. Mas até a inclusão é impossível porque a cultura adquiriu um grau de complexidade impossível de ser abandonado, pois o controle técnico sobre os processos naturais é uma condição antropológica da sobrevivência da espécie. O homem não pode incluir-se em categorias às quais não pertence. Se o retorno é uma impossibilidade cognitiva, a inclusão configura-se como simulacro de si própria – como ilusão.

A questão ambiental não poderá encontrar uma solução por meio da mesma racionalidade instrumental que a engendrou: faz-se necessária uma ressignificação das idéias de ciência e de razão, críticas, vigilantes e conscientes de seus limites. Ao contrário do que possa parecer em um primeiro momento, porém, libertar-se do sistema corrente não significa voltar à pobreza e à simplicidade, tampouco adotar a razão crítica significa abandonar a razão instrumental ou suprimir a base tecnológica da sociedade; significa, sim, seu desenvolvimento visando a fins diferentes¹⁵. Podemos muito bem procurar manter um relacionamento diferenciado com a natureza, no qual os conceitos científicos e éticos estejam baseados numa concepção de natureza como totalidade de vida a ser protegida e cultivada, e cuja tecnologia se prestaria à reconstrução do meio ambiente e do bem-estar humano¹⁶.

¹⁴ Horkheimer (2002), p. 171.

¹⁵ Leff (2002), p. 191; Horkheimer (2002), p. 175; Marcuse (1979), p. 214, 223.

¹⁶ Marcuse (1981), p. 65.

“A razão não pode tornar-se, ela mesma, transparente enquanto os homens agem como membros de um organismo irracional. Como uma unidade naturalmente crescente e decadente, o organismo não é para a sociedade uma espécie de modelo, mas sim uma forma apática do ser, da qual tem que se emancipar. Um comportamento que esteja orientado para essa emancipação, que tenha por meta a *transformação do todo*, pode servir-se sem dúvida do trabalho teórico, tal como ocorre dentro da ordem desta realidade existente. Contudo ele *dispensa o caráter pragmático que advém do pensamento tradicional* como um trabalho profissional socialmente útil”¹⁷.

Se a racionalidade técnica de fato conduz ao embrutecimento da sociedade, a rejeição pura e simples desta, para se entregar às “forças da natureza”, não só não soluciona o problema como o acentua, porque abandona esse dilema e deixa-o seguir sozinho (obviamente, acentuando a tendência tecnicista), sem contribuir com alguma melhoria para esse quadro¹⁸. Enfim,

“somos os herdeiros, para melhor ou pior, do Iluminismo e do progresso tecnológico. Opor-se aos mesmos por um regresso a estágios mais primitivos não alivia a crise permanente que deles resultou. Pelo contrário, tais expedientes nos conduzem do que é historicamente racional às formas mais horrendamente bárbaras de dominação social. O único meio de auxiliar a natureza é libertar o seu pretenso opositor, o pensamento independente”¹⁹.

Sugerimos a construção de um argumento outro que não os já exaustivamente apregoados pelo movimento ecológico, estes desgastados e irreais. Acreditamos que o argumento deva ser ético ao invés de pretensamente científico (“somos parte da natureza”): *deve haver respeito pela vida*. Esteja ou não ocorrendo uma mudança climática global, não devemos poluir a atmosfera porque *todos* os seres vivos dependem de ar de boa qualidade. Não devemos poluir os rios e os mares porque *todos* os seres vivos dependem de água de boa qualidade. Devemos respeitar os animais e as plantas sejam eles úteis para nós ou não, porque eles têm direito à vida. Embora não façamos parte da natureza, ela existe e deve ser respeitada. Não se trata aqui de mantê-la intocada, mas de conhecer os limites de nossa intervenção. Quando o movimento ambientalista abandona o argumento ético do valor intrínseco da vida em favor de um argumento prático, o da mudança climática, segundo a idéia de que o primeiro não mais

¹⁷ Horkheimer (1991), p. 45. Grifos nossos.

¹⁸ Horkheimer (2002), p. 63-64.

¹⁹ Horkheimer (2002), p. 129-130.

funciona, está contraditoriamente e talvez sem perceber agindo de acordo com aquilo que pretendia negar, ou seja, a racionalidade técnica, que não aceita argumentos filosóficos ou morais no curso de suas ações. Insistir numa argumentação utilitarista e amedrontadora, considerando tal atitude perfeitamente aceitável desde que traga resultados práticos, não pode ser considerada uma forma legítima de conscientização e definitivamente não altera o modelo de racionalidade que conduziu à degradação ambiental moderna. Apregoar aos quatro ventos a teoria duvidosa do aquecimento global apenas porque se acredita que ela tenha mais chances de causar impacto, encontrar partidários e funcionar, como fez Lutzenberger, desloca o verdadeiro foco da questão.

10. Considerações finais

“Dou um passeio pelo campo. Tudo está como devia: a natureza, em sua plenitude. Os pássaros, o sol, a relva macia, uma vista através das árvores das montanhas, ninguém por perto, nenhum rádio, nenhum cheiro de gasolina. Então, surge uma curva no caminho, levando à rodovia. Estou de volta, entre quadros com cartazes, postos de gasolina, motéis e hospedarias. Eu estava num Parque Nacional, e agora sei que isso não era realidade. Era um ‘território de reserva’, algo que está sendo preservado à semelhança de uma espécie que está desaparecendo. Se não fosse o Governo, os quadros de cartazes, as barracas de cachorro-quente e os motéis teriam de há muito invadido aquele pedaço de Natureza. Sou grato ao Governo; a coisa está muito melhor do que antes...”

(Herbert Marcuse, *A ideologia da sociedade industrial*, 1964)

Há, porém, quem concorde com Lutzenberger e, mesmo compreendendo o valor intrínseco da vida, dirá que a crise ambiental é gravíssima e demanda soluções urgentes, não havendo tempo para tentar empreender um resgate do pensamento ético, se é que ele pode surtir algum efeito. Devemos encarar os fatos. Importante é encontrar uma solução prática, ainda que construída sobre a mentira da iminência de uma catástrofe climática. “E a pergunta a colocar seria então se temos mais razão para amar o que sucede a nós, para afirmar o que existe, porque existe, do que tomar como verdadeiro aquilo de que temos esperança”¹. Seria a atitude mais correta aceitar um existente regressivo pelo simples fato de ser o único que conhecemos, ao invés de trabalhar no sentido de sua renovação? Curvar-se diante do existente, atribuir sentido a uma realidade deteriorada simplesmente porque é a realidade, fazer passar por verdade a

¹ Adorno (1993), p. 85.

existência reconhecidamente insuportável, simplesmente porque foi reconhecida, esta sim é a inverdade capital².

Se uma pessoa, uma comunidade científica ou mesmo sociedades inteiras conseguem *conceber* a necessidade de provar cientificamente a importância da preservação ambiental e, pior, aceitá-la com a maior naturalidade, isso só prova o quanto essa pessoa, essa comunidade científica e essa sociedade não acreditam na eficácia de teorias que versem sobre o valor intrínseco da vida, donde se segue que elas próprias não acreditam mais – se é que algum dia acreditaram – que a vida tenha qualquer valor maior que o instrumental.

Compreendemos que a tentativa de empreender um resgate da verdadeira razão e da ética numa época essencialmente marcada pelo irracionalismo pode soar anacrônico e quimérico³. Entretanto, é exatamente no desajuste entre esse empreendimento e o existente que reside o seu poder crítico. Elas são incompatíveis com *este* modelo de existente, e este é o melhor argumento a seu favor.

² Adorno (1993), p. 85.

³ Rouanet, (1987) p. 35-36.

Resumo para elaboradores de políticas

- * “O clima sempre mudou e nada do que possamos fazer vai impedi-lo de mudar”¹.
- ** Existem muitos outros fatores de mudanças climáticas além da composição atmosférica, tais como vulcanismo, albedo planetário, parâmetros orbitais e atividade solar.
- * Não há evidências seguras sobre o aumento da temperatura média global. Grande parte dos registros de temperatura de superfície está contaminada pelo aquecimento característico das áreas urbanas. Registros de satélites e radiossondagem não denunciam um aquecimento significativo nas últimas décadas.
- ** Não há evidências seguras sobre o degelo dos glaciares. O número de glaciares monitorados por mais de 100 anos (um tempo já curto) é ínfimo diante da quantidade de glaciares existentes. Inferir seu derretimento a partir das supostas mudanças climáticas ocorridas em suas regiões e daí inferir a elevação do nível do mar é uma faraônica petição de princípio.
- ** Não há evidências seguras sobre a elevação do nível do mar. Existem variações interanuais e decadais, além de regionais, demandando séries de dados longas para se atingir qualquer consenso a respeito. Os dados de satélite são ainda muito curtos para esta empreitada e não demonstram tendências de elevação alarmantes se desconsiderarmos os eventos El Niño.

¹ Gray (2002).

- * O gás estufa mais importante no sistema climático não é o dióxido de carbono, mas sim o vapor d'água. Seu papel, apesar de essencial para a pesquisa climática, é escassamente conhecido, impossibilitando, até o momento, a elaboração de cenários e previsões suficientemente confiáveis.
- ** A afirmação de que a década de 1990 em diante apresentou temperaturas anômalas no contexto do último milênio é simplesmente um resultado artificial obtido através de uma série de erros de cálculo e extrapolações indevidas.
- * Co-variações e correlações não expressam necessariamente relações de causa e efeito.
- ** Mudanças climáticas não são nenhuma novidade para este planeta.
- ** O debate sobre as mudanças climáticas não é nenhuma novidade para este planeta.
- * A atitude cética em relação às mudanças climáticas não é nenhuma novidade para este planeta.
- ** Nenhum cientista precisa ser financiado por algum magnata do petróleo para contestar a hipótese do aquecimento global.
- * Autoridade não é critério de verdade.
- ** Evidência imediata não é critério de verdade.
- * Opinião da maioria não é critério de verdade.
- ** Aparecer na mídia definitivamente não é critério de verdade.
- * As pretensões atuais da climatologia estão além de seu alcance efetivo.

- ** O IPCC elabora cenários e não profecias. Para tanto, emprega modelos matemáticos de computador operados por seres humanos e não bolas de cristal.
- ** “É extremamente frustrante, para um cientista, ver na mídia que cada desastre meteorológico está sendo acusado de ‘mudança climática’ quando, na verdade, esses eventos fazem parte da variabilidade natural do sistema climático”².
- ** “A ciência não é produto de revelações, nem é graça que um profeta ou um visionário houvesse recebido para assegurar a salvação das almas; não é também porção integrante da meditação de sábios e filósofos que se dedicam a refletir sobre o *sentido* do mundo”³.
- ** A mudança de paradigma defendida por Fritjof Capra e seus leitores é antropocêntrica e ilusória.
- ** A doença da razão não é um fenômeno contemporâneo, mas sim um efeito colateral de sua finalidade de origem: o domínio humano sobre a natureza. Assim, sua recuperação depende dessa compreensão da doença, e não da cura dos sintomas posteriores⁴.
- ** Do fato de que não se deve deduzir a ética da ciência não se segue que devemos praticar uma ciência sem nos interrogarmos sobre seus fins.
- ** “A proteção da Natureza e a luta contra a poluição não necessitam de falsas premissas climáticas para embasá-los: sua necessidade é auto-evidente”⁵.

² Christy, in Jones (1997), p. 73.

³ Weber (1985), p. 47.

⁴ Horkheimer (2002), p. 176.

⁵ Leroux (2005), p. 469.

Referências

ADORNO, Theodor Wiesengrund. **Minima moralia**. São Paulo, Ática, 1993 [1951].

_____. Introdução à controvérsia sobre o positivismo na sociologia alemã. In: ARANTES, Paulo Eduardo (org.). **Horkheimer/Adorno: vida e obra**. São Paulo, Nova Cultural, 1991 [1974].

ADORNO, Theodor Wiesengrund; HORKHEIMER, Max. **Dialética do esclarecimento**. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1985 [1947].

ARAÚJO, Inês Lacerda. **Introdução à filosofia da ciência**. Curitiba, Editora da UFPR, 2003.

ARRHENIUS, Svante August. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. In: **Philosophical Magazine** 5, vol. 4, n° 251, abr/1896, p. 237-276. <http://www.hydrogeneconomy.org.uk/pdf/whole.pdf> (acessado em 17 de dezembro de 2006).

BALLING JR., Robert C. The geographer's niche in the greenhouse millennium. In: **Annals of the Association of American Geographers**, 90(1), 2000, p. 114-122.

BARNOLA, J. M. *et al.* Vostok ice core provides 160,000-year record of atmospheric CO₂. In: **Nature** 329, 1/out/1987, p. 408-414.

BENJAMIN, César. Nossos verdes amigos. In: **Teoria & debate** n. 12, nov/1990, p. 6-21.

BORNHEIM, Gerd. Filosofia do Romantismo. In: GUINSBURG, J. (org.). **O Romantismo**. São Paulo, Perspectiva, 1978. [1959]

BRONOWSKI, Jacob. **Ciência e valores humanos**. Belo Horizonte, Itatiaia; São Paulo, Edusp, 1979.

BRÜGGER, Paula. **Educação ou adestramento ambiental?** Chapecó: Argos; Florianópolis: Letras contemporâneas, 2004.

CAPRA, Fritjof. **O tao da Física: um paralelo entre a Física moderna e o misticismo oriental**. São Paulo, Cultrix, 1983.

_____. **O ponto de mutação**. São Paulo, Cultrix, 1995 [1982].

CARNAP, Rudolf. Pseudoproblemas na filosofia. In: **Os Pensadores vol. 44**. São Paulo, Abril Cultural, 1980. [1961]

CARVALHO JÚNIOR, Antonio Ferreira de. **Ecologia profunda ou ambientalismo superficial: o conceito de ecologia e a questão ambiental junto aos estudantes**. São Paulo, Arte & Ciência, 2004.

CASINI, Paolo. **As filosofias da natureza**. Lisboa, Editorial Presença, 1987.

CASSETI, Valter. A natureza e o espaço geográfico. In: MENDONÇA, Francisco; KOZEL, Salete. **Elementos de epistemologia da Geografia contemporânea**. Curitiba, Editora da UFPR, 2002.

CHALMERS, Alan Francis. **O que é ciência, afinal?** São Paulo, Brasiliense, 1993 [1982].

CHRISTY, John R.; SPENCER, Roy W.; BRASWELL, William D. How accurate are satellite “thermometers”? In: **Nature** 389, 25/9/1997, p. 1046-1047.

DALY, John L. **The “hockey stick”: a new low in climate science**. In: www.johndaly.com (2000) (acessado em 27/12/2006).

DELACAMPAGNE, Christian. **História da filosofia no século XX**. Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, 1997.

DESCARTES, René. Discurso do método. In: **Os Pensadores vol. 15**. São Paulo, Abril Cultural, 1999 [1637].

DUARTE, Rodrigo A. de Paiva. **Mimesis e racionalidade: a concepção de domínio da natureza em Theodor W. Adorno**. São Paulo, Edições Loyola, 1993.

FLEMING, James Rodger. **Historical perspectives on climate change**. Oxford, Oxford University Press, 1998.

FRAKES, Lawrence A. **Climates throughout geologic time**. New York, Elsevier, 1979.

GAFFEN, Dian J. *et al.* Multidecadal changes in the vertical temperature structure of the tropical troposphere. In: **Science** 287, 18/fev/2000, p. 1242-1245.

GENTHON, C. Vostok ice core: climatic response to CO₂ and orbital forcing changes over the last climatic cycle. In: **Nature** 329, 1/out/1987, p. 414-418.

GONÇALVES, Carlos Walter Porto. Possibilidades e limites da ciência e da técnica diante da questão ambiental. In: **Geosul**, Florianópolis, Ed. UFSC, ano III (5), 1º semestre de 1988, p. 7-40.

_____. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. São Paulo, Contexto, 1996.

GRAY, Vincent. **The Greenhouse Delusion: Critique of "Climate Change 2001: The Scientific Basis"**. <http://www.john-daly.com/tar-2000/summary.htm> (acessado em 1º de julho de 2006).

HAHN, Hans; NEURATH, Otto; CARNAP, Rudolf. A concepção científica do mundo: o Círculo de Viena. In: **Cadernos de história e filosofia da ciência**. Vol. 10, 1986, p. 5-20 [1929].

HARDY, John T. **Climate change: causes, effects, and solutions**. New York, J. Wiley, 2003.

HARTMANN, Dennis L. **Global physical climatology**. San Diego, Academic Press, 1994.

HORKHEIMER, Max. Teoria tradicional e teoria crítica. In: ARANTES, Paulo Eduardo (org.). **Horkheimer/Adorno: vida e obra**. São Paulo, Nova Cultural, 1991 [1937].

_____. **Eclipse da razão**. São Paulo, Centauro, 2002 [1947].

HOYT, Douglas V; SCHATTEN, Kenneth H. **The role of the sun in climate change**. New York, Oxford; Oxford University Press, 1997.

HURRELL, James W.; TRENBERTH, Kevin E. Spurious trends in satellite MSU temperatures from merging different satellite records. In: **Nature** 386, 13/3/1997, p. 164-167.

IPCC. **Climate change 2001: the scientific basis**. Cambridge, New York; Cambridge University Press, 2001.

_____. **Climate change 2007: the physical science basis – Summary for policymakers**. In: www.ipcc.ch (2007) (acessado em 4 de fevereiro de 2007).

JAPIASSU, Hilton. **A crise da razão e do saber objetivo: as ondas do irracional**. São Paulo, Letras e Letras, 1996.

JONES, Laura (ed). **Global warming: the science and the politics**. Vancouver, The Fraser Institute, 1997.

KIRKHAM, Richard L. **Teorias da verdade**. São Leopoldo, Unisinos, 2003.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo, Perspectiva, 1995 [1962].

_____. **The road since *Structure***. Chicago, Chicago University Press, 2003.

LAMB, Hubert H. **Climate, history and the modern world**. London, New York; Methuen, 1995 [1982].

LAUDAN, Larry. **Science and values: the aims of science and their role in scientific debate**. Berkeley, University of California, 1984.

_____. **Beyond positivism and relativism: theory, method, and evidence**. Boulder, Westview Press, 1996.

LEFF, Enrique. **Epistemologia ambiental**. São Paulo, Cortez, 2002.

LEROUX, Marcel. **Global warming: myth or reality? The erring ways of climatology**. Chichester, Praxis, 2005.

LINDZEN, Richard S. Some coolness concerning global warming. In: **Bulletin of the American Meteorological Society**, n. 71, p. 288-299, 1990a.

_____. Some remarks on global warming. In: **Environmental Science and Technology**, n. 24, p. 424-427, 1990b.

_____. A skeptic speaks out. In: **EPA Journal**, n. 16, p. 46-47, 1990c.

_____. Some uncertainties with respect to water vapor's role in climate sensitivity. **Proceedings of NASA Workshop on the Role of Water Vapor in Climate Processes**, October 29 - November 1, 1990 in Easton, Maryland (D.O'C. Starr and H. Melfi, editors), 1991.

_____. Global warming: the origin and nature of the alleged scientific consensus. In: **Regulation**, p. 87-98, Spring 1992.

_____. What we know and what we don't know about global warming. In: **International Seminar on Nuclear War and Planetary Emergencies - 18th Session - 1993**, K. Goebel, editor, World Scientific, Singapore, 1994, pp 335-358.

LÖWY, Michael; SAYRE, Robert. **Revolta e melancolia: o romantismo na contramão da modernidade**. Petrópolis, Vozes, 1995.

LUTZENBERGER, José. **Fim do futuro? Manifesto ecológico brasileiro**. Porto Alegre, L&PM, 1977.

_____. Gaia's fever. In: **The Ecologist**, vol. 29, n°2, março/abril de 1999, p. 59.

_____. **Gaia: o planeta vivo**. Porto Alegre, L&PM, 2001.

MANN, Michael E.; BRADLEY, Raymond S.; HUGHES, Malcolm K. Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. In: **Nature** 392, 23/4/1998, p. 779-787.

_____. Northern hemisphere temperatures during the past millennium: inferences, uncertainties and limitations. In: **Geophysical Research Letters** 26 (6), 15/3/1999, p. 759-762.

_____. Corrigendum: Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. In: **Nature** 430, 1/7/2004, p. 105.

MARCUSE, Herbert. **A ideologia da sociedade industrial (o homem unidimensional)**. Rio de Janeiro, Zahar editores, 1979 [1964].

_____. **Contra-revolução e revolta**. Rio de Janeiro, Zahar editores, 1981 [1972].

MASON, S. F. **História da ciência**: as principais correntes do pensamento científico. Rio de Janeiro, Globo, 1964.

MATOS, Olgária C. F. **A Escola de Frankfurt: luzes e sombras do Iluminismo**. São Paulo, Moderna, 1993.

McINTYRE, Stephen; McKITRICK, Ross. Corrections to the Mann *et al* (1998) proxy data base and northern hemispheric average temperature series. In: **Energy & Environment** 14 (6), 2003, p. 751-771.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. Efeitos de vulcões no clima. In: **Cadernos de Geociências** n° 12. Rio de Janeiro, out/dez 1994, p. 13-23.

_____. Um século e meio de aquecimento global? In: **Cadernos de Geociências** v. 15, n. 1. Rio de Janeiro, jul/set 1995, p. 45-56.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Geografia e ambiente. In: **Orientação**. São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1984, p. 19-27.

_____. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis, Editora da UFSC, 1991.

MOREIRA, Ruy. **O círculo e a espiral: a crise paradigmática do mundo moderno**. Rio de Janeiro, Obra Aberta, 1993.

MÜLLER, Marcos Lutz. Vittorio Hösle: uma filosofia da crise ecológica. In: **Cadernos de história e filosofia da ciência**. Série 3, v. 6, n. 2, jul-dez 1996, p. 9-62.

NOBRE, Marcos. **A teoria crítica**. Rio de Janeiro, Jorge Zahar editora, 2004.

OLIVEIRA, Marcos Barbosa de. Sobre o significado político do positivismo lógico. In: **Crítica Marxista**. n° 14, São Paulo, 2002, p. 73-84.

OMNÈS, Roland. **Filosofia da ciência contemporânea**. São Paulo, UNESP, 1996.

PELIZZOLI, Marcelo L. **Correntes da ética ambiental**. Petrópolis, Vozes, 2002.

PETIT, J. R. *et al*. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. In: **Nature** 399, 3/jun/1999, p. 429-436.

PHILANDER, S. George. **Is the temperature rising?** Princeton, Princeton University Press, 1998.

PLASTINO, Caetano Ernesto. **Realismo e anti-realismo acerca da ciência: considerações filosóficas sobre o valor cognitivo da ciência**. Tese de doutorado. São Paulo, FFLCH – USP, 1995.

RASOOL, S. I.; SCHNEIDER, S. H. Atmospheric carbon dioxide and aerosols: effects of large increases on global climate. In: **Science** 173, 9/7/1971, p. 138-141.

ROHDE, Geraldo Mario. **Epistemologia ambiental: uma abordagem filosófico-científica sobre a efetuação humana alopoiética**. Porto Alegre, EDIPUCRS, 1996.

ROLSTON III, Holmes. Duties to endangered species. In: ELLIOT, Robert. **Environmental ethics**. Oxford, Oxford University Press, 1995.

ROUANET, Sérgio Paulo. **As razões do iluminismo**. São Paulo, Companhia das Letras, 1987.

SANTOS, Boaventura de Sousa. **Um discurso sobre as ciências**. Porto, Afrontamento, 2002 [1987].

SCIACCA, Michele Federico. **História da Filosofia** – livro II: do Humanismo a Kant. São Paulo, Mestre Jou, 1966.

SOKAL, Alan David; BRICMONT, Jean. **Imposturas intelectuais**. Rio de Janeiro, Record, 1999 [1997].

SPENCER, Roy W.; CHRISTY, John R. Precise monitoring of global temperature trends from satellites. In: **Science** 247, 30/3/1990, p. 1558-1562.

THOMAS, Keith. **O homem e o mundo natural: mudanças de atitude em relação às plantas e aos animais 1500-1800**. São Paulo, Companhia das Letras, 1989 [1983].

VIANELLO, Rubens Leite; ALVES, Adil Rainer. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, Editora da Universidade Federal de Viçosa, 1991.

WEBER, Max. **Ciência e política: duas vocações**. São Paulo, Cultrix, 1985 [1917].

WHITE Jr., Lynn. The historical roots of our ecologic crisis. In: **Science**. Vol. 155, nº 3767, 10/mar/1967, p. 1203-1207.

WHYTE, Ian D. **Climatic change and human society**. Londres, Arnold, 1995.

ZUBAKOV, Vsevolod Alekseevich; BORZENKOVA, Irena Ivanovna. **Global palaeoclimate of the late cenozoic**. Amsterdam, New York; Elsevier, 1990.

“Sunrise doesn’t last all morning
A cloudburst doesn’t last all day...”
(**George Harrison**, *All things must pass*, 1970)