INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

Atividades Humanas e Mudanças Climático-Ambientais: Uma Relação Inevitável

ARETHA SANCHEZ

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Reatores

Orientador:
Dr. Luiz Antonio Mai

SÃO PAULO
2009

DEDICATÓRIA

Dedico esta Dissertação a meus pais – Orlando e Claudete - por terem me dado a vida, amor e por me proporcionarem a educação sem a qual não teria chegado a esta fase.

A meus irmãos – Andrea e Nando - por estarem sempre presentes em minha vida nos momentos bons e ruins e serem mais que irmãos, amigos.

A meus sobrinhos – Marco Antônio e Ana Júlia – por me proporcionarem alegrias nas horas de tensão e nervosismo.

AGRADECIMENTOS

A meu orientador, Dr. Luiz Antonio Mai, por propor o tema da dissertação, me explicar assuntos que não faziam parte de meu cotidiano e com os quais tive dificuldade, sempre me incentivando a seguir em frente e pela paciência com meus horários limitados.

A minha irmã Andrea, que serviu de exemplo para o mestrado e por ter me apresentado aos Doutores do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

A Dra. Gaianê Sabundjian que acreditou em mim desde o início e incentivou a percorrer o árduo caminho até a defesa da dissertação.

A meu cunhado, Renato, por me ajudar a enfrentar os momentos finais de tensão e estresse, mostrando caminhos para alcançar a calma necessária.

A meus colegas do CTMSP por entenderem minha ansiedade.

Aos colegas de IPEN pelo carinho e apoio.

"O futuro de tudo que realizamos desde a evolução de nossa inteligência dependerá da sabedoria de nossas ações ao longo dos próximos anos. Tal como todas as criaturas, os seres humanos conquistaram o seu lugar no mundo até aqui por meio de tentativas e erros; diferentemente das outras criaturas, a nossa presença é hoje tão colossal que o erro tornou-se um luxo que não podemos mais sustentar. O mundo tornou-se pequeno demais para nos perdoar de qualquer grande erro."

Ronald Wright em *'Uma Breve História do Progresso'*

ATIVIDADES HUMANAS E MUDANÇAS CLIMÁTICO-AMBIENTAIS: UMA RELAÇÃO INEVITÁVEL

Aretha Sanchez

RESUMO

A interferência antrópica no meio ambiente e conseqüente alteração do clima, é hoje um consenso. Esta interferência climática se dá de forma local, regional e, conjuntamente com os gases de efeito estufa, de forma também global. Essa alteração climática, de maneira reversa, interfere por sua vez, no meio ambiente. Tal ciclo de interferências se processa sob várias formas e resulta em várias conseqüências. Porém o chamado *Aquecimento Global* é, certamente, o efeito de conseqüências globais de maior impacto. A causa principal do aumento da temperatura (Efeito Estufa) está no uso intensivo que se faz de energéticos fósseis. Assim, para minimizar as mudanças climáticas deve-se focar o esforço principalmente em ações que visem à diminuição, substituição e o uso mais eficiente dos energéticos fósseis.

Olhando para o passado, parece que os antigos agricultores podem ter lançado gases estufa desde milênios atrás, alterando de maneira lenta, mas significativa, o clima do planeta muito antes do que na Era Industrial. Confirmada essa teoria, suas conseqüências seriam decisivas para a história do homem na Terra. Por exemplo, as temperaturas atuais de partes da América do Norte e Europa poderiam ser até 4 graus Celsius menores, o suficiente para inviabilizar nessas áreas, a agricultura e, conseqüentemente, o desenvolvimento humano e histórico dessas regiões.

Este trabalho tem como foco principal fazer uma retrospectiva sobre algumas culturas que colapsaram frente a problemas ambientais e fazer um histórico das atividades humanas ao longo do tempo, desde os primórdios do homem até a Revolução Industrial, notadamente com o que diz respeito à

agricultura e pecuária, no sentido da sua interferência na dinâmica natural do clima global e no meio ambiente. Mostrando, através de comparações de dados e inferências, que as emissões dessas atividades tiveram uma magnitude até significativa, comparativamente as mudanças induzidas após a própria Revolução Industrial. Demonstra-se, também, que essa interferência climático-ambiental era inevitável, no sentido que a evolução humana deveu-se a essas mesmas atividades.

Outro ponto importante é uma reflexão sobre como a evolução humana (e conseqüentemente sua ciência e tecnologia) irá, porventura, encontrar as soluções dos problemas causados por essas mudanças climáticas e ambientais e a importância, neste contexto, para as soluções de problemas de ordem social.

HUMAN ACTIVITIES AND CLIMATE AND ENVIRONMENT CHANGES: AN INEVITABLE RELATION

Aretha Sanchez

ABSTRACT

The human interference in the environment and the consequent climate change is today a consensus. The climate change can be local, regional and global. The global climate change is mainly caused by the greenhouse gases, and consequently the climate change intervenes in the environment. The interference cycle emerges in several forms and results in several consequences. However, the Global Warming has certainly the most import global impact. The main cause of the increase in the temperature (Greenhouse Effect) is the intensive use of the fossil fuels. Thus, to minimize the climatic changes actions are necessary to reduce, to substitute and to use with more efficient the fossil fuels.

Looking at the past, the old agriculturists may have released greenhouse gases since thousand years ago, thus, modifying slowly but in significant form the earth climate much before the Industrial Age. If this theory is confirmed, its consequences would be decisive for the man history in the planet. For example, in parts of the North America and Europe the current temperatures could be even four Celsius degrees smaller. This change in temperature is enough to hinder agricultural used of these regions and consequently to diminish the human development.

The main focus of this work is to perform a retrospective in some of civilizations who collapse due to environmental problems and make a historical description of the human activities (agriculture and livestock) since the primordium of the man up to the Industrial Age, aiming at the man interference on the natural dynamics of the global climate and the environment. This work will show through data comparisons and inferences that the gases emissions from these activities had

a significant magnitude comparatively by the emissions after the Industrial Age. It is also demonstrated that the climate and environment interference was inevitable because the human evolution was caused by these activities.

Another important point of this work is to make a reflection about how the human evolution (science and technology) will find the solutions for the problems caused by the climate and environment changes and the importance, in this context, for the solutions of the social problems.

SUMÁRIO

Página

SUMÁRIO:

1- **INTRODUÇÃO**.....18

2- **OBJETIVOS**.....21

3- **METODOLOGIA**.....22

4- **EVIDÊNCIAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**.....23

4.1- Derretimento Das Calotas Polares E Aumento Do Nível Da Água Dos Oceanos.....28

4.2- Diminuição Da Quantidade De Água Potável.....31

4.3- Desastres Naturais.....32

4.4- Avanço Dos Desertos.....35

4.5- Extinção De Espécies.....36

5- **UM PASSADO COMPROMETEDOR**.....39

5.1- Revolução Neolítica.....41

5.2- Início Da Interferência Humana No Clima.....42

5.2.1- Ilha De Páscoa.....45

5.2.2- Anasazis E Vizinhos.....47

5.2.3- Maias.....49

5.2.4- Mochicas.....50

5.2.5- Acádios.....51

5.2.6- Tiwanakus.....52

5.2.7- Groenlândia Nórdica.....53

5.2.8- China.....54

6- **TEORIA DE RUDDIMAN**.....57

6.1- Crítica.....63

7- **MEIO AMBIENTE E DESIGUALDADE SOCIAL**.....64

8- **DISCUSSÃO**.....73

9- **CONCLUSÕES E SUGESTÕES**.....78

ANEXO A- CAUSAS DO AQUECIMENTO GLOBAL.....82

A.1- Gases Do Efeito Estufa.....82

A.2- “Feedbacks”.....85
A.3- Ciclos De Milankovitch..... 89
A.4- Ciclos De Atividade Solar.....91
A.5- Variações Magnéticas Da Terra.....92
A.6- Colisões De Meteoros E Erupções Vulcânicas.....93
ANEXO B- PRINCÍPAIS ANIMAIS EXTINTOS/EXTINÇÃO.....96
B.1- Animais Extintos.....96
B.2- Animais Em Extinção.....97
B.2.1- Mamíferos Ameaçados.....97
B.2.2- Aves Ameaçadas.....98
B.2.3- Répteis Ameaçados.....99
B.2.4- Peixes Ameaçados.....99
B.2.5- Crustáceos Ameaçados.....100
B.2.6- Artrópodes Ameaçados.....100
ANEXO C- LINHA DO TEMPO.....101
ANEXO D- TÉCNICAS DE DETERMINAÇÃO DO CLIMA NO PASSADO.....103
D.1- Estudo De Geleiras.....103
D.2- Estudo De Árvores Petrificadas.....104
D.3- Estudo De Sedimentos E Rochas.....105
D.4- Estudos De Corais.....107
D.5- Datação Radiométrica.....108
ANEXO E- ÍNDICES UTILIZADOS NO TRABALHO.....111
E.1- Pegada Ecológica.....111
E.2- Índice De Sustentabilidade Ambiental.....114
E.3- Índice De Desenvolvimento Humano.....116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....111

LISTA DE TABELAS

TABELA 7.1: Número de Países Em Cada Segmento da Figura 7.3.....67

TABELA A.1: Gases Estufa Principais e Suas Características..... 84

TABELA E.1 – Classificação do IDH.....116

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4.1 - Previsões Futuras da Temperatura Global Segundo os Vários Cenários do IPCC.....25

FIGURA 4.2 - Onda de Calor no Verão Europeu de 2003 Matou Entre 35.000 e 50.000 Pessoas 26

FIGURA 4.3 - Recuo da Calota Polar Norte em 40 anos..... 29

FIGURA 4.4 - Variação do Nível dos Oceanos Desde a Década de 1880 Até Meados da Década de 2010.....29

FIGURA 4.5 - Variação de Um Volume de Água em Função da Temperatura..... 30

FIGURA 4.6 - Detalhamento da Variação do Nível dos Oceanos e Comparação Entre Fontes de Estudos [Fonte: Folha de S. Paulo – 22/02/2009]..... 31

FIGURA 4.7 - Vulnerabilidade de Água Doce no Mundo.....32

FIGURA 4.8 - Perdas Econômicas e de Seguradoras Devido a Desastres Naturais.....34

FIGURA 4.9 - Vista Aérea de New Orleans Após o Furacão Katrina (2005)..... 34

FIGURA 4.10 - Regiões da Terra Com Maiores Riscos de Desertificação..... 36

FIGURA 4.11 - Estimativa de Perdas de Espécies em 300 Anos..... 36

FIGURA 4.12 - O Aquecimento Global Põe Em Risco Habitats de Várias Espécies.....37

FIGURA 5.1 - Esquema de Vida do Homem Há Mais de 35 Mil Anos..... 40

FIGURA 5.2 - Artefatos Fabricados na Era Neolítica..... 41

FIGURA 5.3 - Algumas Civilizações que Ascenderam e Decaíram Também em Função do Meio Ambiente..... 45

FIGURA 5.4 - “Moais" da Ilha de Páscoa - Gigantescas Estátuas de Pedra Encontradas nas Encostas da Ilha..... 47

FIGURA 5.5 - Ruínas Anasazis – Sudoeste dos Estados Unidos..... 48

FIGURA 5.6 - Ruínas Maias – Península de Yucatan (México).....50

FIGURA 5.7 - Ruínas de Barro de Chan Chan, em Las Afueras de Trujillo (Leste do Peru – Cultura Mochica)..... 51

FIGURA 5.8 - Antigo Templo Em Forma de Pirâmide na Mesopotâmia..... 52

FIGURA 5.9 - Ruínas da Civilização Tiwanakus..... 53

FIGURA 5.10 - Costa sudeste da Gronelândia..... 54

FIGURA 5.11 - Buda Gigante (71 metros de altura) de Leshan, China - Dinastia Tang.....55

FIGURA 6.1 - Divergências nas Concentrações de CH_4 e CO_2 nos Últimos Milhares de Anos..... 59

FIGURA 6.2 - Temperatura Média da Terra Desde 20 Mil Anos Atrás..... 61

FIGURA 6.3 - Concentrações de CO_2, Medidos em Testemunho de Gelo e Episódios de Grandes Mortandades ao Longo da História..... 62

FIGURA 7.1 - Pegada Ecológica Global Expressa em Números de Planetas Terra.....65

FIGURA 7.2 - Contribuição dos Vários Setores para o Efeito Estufa..... 66

FIGURA 7.3 - “*FootPrint*” Como Função do ESI Para os Países..... 67

FIGURA 7.4 - Índice de Sustentabilidade Ambiental versus Qualidade de Vida...69

FIGURA 7.5 - PIB/*Capita* Versus IDH das Nações para Algumas Economias..... 70

FIGURA 7.6 - Pegada Ecológica em Diferentes Níveis de IDH..... 71

FIGURA A.1 - Esquematização do Efeito Estufa.....83

FIGURA A.2 - Variações das Temperaturas Globais Durante a Era Industrial..... 85

FIGURA A.3 - Zonas de "Permafrost" Concentram-se no Hemisfério Norte (Oceano Ártico).....86

FIGURA A.4 - Vista de Área de "Permafrost"..... 87

FIGURA A.5 - Ciclos de Milankovitch: a) Excentricidade; b) Obliqüidade e c) Precessão.....90

FIGURA A.6 - Oscilações dos Ciclos de Milankovitch (Excentricidade, Obliqüidade e Precessão).....91

FIGURA A.7 - Ciclos Solares ou Ciclos solares de Schwabe..... 92

FIGURA A.8 - Ilustração da Magnetosfera e do Vento Solar..... 93

FIGURA A.9 - Ilustração da Explosão do vulcão Pinatubo, em 1991, nas Filipinas.....94

FIGURA A.10 - Ilustração do Impacto de Meteoro..... 94

FIGURA C.1 - Linha do Tempo Com Alguns Eventos Marcantes.....102

FIGURA D.1 - Ilustração de Testemunho de Gelo.....104

FIGURA D.2 - Ilustração de um Tronco de Árvore Petrificada e Seus Anéis.....105

FIGURA D.3 - Ilustração de Rochas Magmáticas.....105

FIGURA D.4 - Ilustração de Rochas Sedimentares.....106

FIGURA D.5 - Ilustração de Rochas Metamórficas.....107

FIGURA D.6 - Detalhes da Estrutura de Coral.....108

FIGURA D.7 - Decaimento Radioativo do C-14 (aproximado).....109

FIGURA E.1 – Evolução da “Pegada Ecológica” - Por Componente, (1961-2003).....112

FIGURA E.2 – Evolução da “Pegada Ecológica” - Por Grupo de Rendimento Nacional Por Pessoa, (1961 – 2003).....113

FIGURA E.3 – ISA Através do Mundo.....115

LISTA DE SIGLAS E/OU ABREVIATURAS

CEN – Centro de Engenharia Nuclear (IPEN – CNEN/SP)

CFC – Clorofluorcarbonetos

EPA – "*Environmental Protection Agency"* (Agência de Proteção Ambiental dos EUA)

GEE – Gás de Efeito Estufa

IDH - Índice do Desenvolvimento Humano

IEA – "*Internatioinal Energy Agency"* (Agência Internacional de Energia)

IPCC – "*Intergovernmental Panel on Climate Change"* (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas)

ISA ou ESI - Índice de Sustentabilidade Ambiental ("*Environmental Sustainability Índex"*)

ONGs – Organizações Não Governamentais

ONU ou UN - Organização das Nações Unidas (UN – "*United Nations")*

PE ou EF – Pegada Ecológica ("*Ecological Footprint"*)

PIB - Produto Interno Bruto

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

ppb – Parte por Bilhão

ppm - Partes Por Milhão

WWF – "*World Wildlife Fund"* (ONG - Fundo Mundial Para Vida Selvagem)

WWI – "*Worldwatch Institute"* (ONG – Instituto Olhar (Cuidar) do Mundo)

τ - (letra grega) Meia-Vida de um Material Radioativo

1- INTRODUÇÃO

A ação perturbadora do homem sobre o clima da Terra ainda hoje gera discussões. Muitos defendem esse fato de forma categórica e apaixonada, enquanto outros a vêem com desdém [1] e até com sentido de conspiração contra as nações mais pobres [2]. À parte desses extremos, o embate sobre o tema se dá de maneira mais racional e, seguindo a evolução tendente, cada vez mais há uma aceitação sobre o chamado **efeito antrópico** sobre o clima global da Terra na medida em que, a cada quatro anos, é lançado um novo levantamento do "Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas" (IPCC em inglês), órgão assessor das Nações Unidas para assuntos de clima e meio ambiente [3]. No presente trabalho, assume-se que a interferência antrópica no clima e no meio ambiente global seja um fato e um consenso, dada a tendência observada. Como é sabida, tal interferência, ou "ação nefasta", se dá sob várias formas e resulta em várias conseqüências que levam às mudanças climáticas e do ambiente. Porém o Aquecimento Global, como resultado do aumento do chamado "Efeito Estufa" que se processa atualmente, é certamente o efeito de conseqüências globais de maior impacto. O motivo primordial (e neste ponto não restam dúvidas) desse aumento está no intenso uso que se faz de energéticos fósseis. Neste sentido, muito se tem pesquisado para se racionalizar seu uso e também quanto às formas alternativas de energia.

Especula-se, portanto, quanto à economia da energia, a substituição das fontes "sujas" por energias mais "limpas", as vantagens deste ou daquele energético sobre o outro, co-geração, etc. A reciclagem e o reuso também são especulados, principalmente com o viés tendendo mais para o lado da economia da energia do que propriamente para a economia de insumos.

As emissões de gases estufa resultantes do uso da terra também são importantes, porém de impacto imediato de menor dimensão comparativamente às emissões industriais e veiculares.

William F. Ruddiman, geógrafo marinho da Universidade da Virgínia (EUA), propôs uma teoria segundo a qual, antigos agricultores podem ter lançado na atmosfera terrestre, de modo lento, porém significativo, gases estufa desde milênios atrás ou seja, muito antes da era industrial inaugurada na segunda metade do século XVIII [4]. Um resumo dessa teoria pode ser encontrado no capítulo 6 deste trabalho.

Estando Ruddiman correto, as conseqüências de sua teoria são fundamentais no sentido de compreensão da história humana. Assim, se não fosse esta atividade dos antigos, tanto na Europa quanto na América do Norte as temperaturas em tempos passados poderiam ser até 4 ^{0}C menores, o que inviabilizaria o desenvolvimento de sociedades nessas regiões.

Assim esse "incremento do Efeito Estufa" produzido pelos antigos teve conseqüências positivas para o desenvolvimento humano. No entanto existem vários registros da interferência climática de povos no passado que, via de regra, teve conseqüências catastróficas para eles. No capítulo 5 são apresentados alguns dos mais significativos exemplos de povos que encontraram nas mudanças do clima regional a causa principal para seu desaparecimento.

Olhando ontem e hoje e imaginando o amanhã, não se pode relacionar homem e meio ambiente sem fazer menção também aos problemas sociais. Esta é uma questão tratada de modo particular no capítulo 7, onde a análise deságua em um questionamento sobre o atual sistema econômico.

A interferência do homem no meio ambiente da Terra é inerente à própria existência humana. A negação dessa interferência é equivalente, como diz a sabedoria popular, a "*fazer uma omelete sem quebrar os ovos*". A analogia aqui não é total, pois não se trata de ser pessimista quanto ao futuro, mas de saber os limites da natureza, de modo a usufruir dela de maneira sustentável e, ainda dentro da sabedoria popular, "*não matar a galinha dos ovos de ouro*". A humanidade hoje, ao contrário de ontem, detém o conhecimento e a tecnologia que vão ser, na visão defendida aqui, de fundamental importância para a perpetuação da vida humana no planeta. Essas são condições necessárias, porém não suficientes. Uma nova consciência que, na verdade sempre existiu,

mas hoje não muito disseminada, deverá ser incorporada para completar este sustentáculo do futuro. Essa condição abstrata, e ainda que absolutamente fundamental, é gratuita e existe em todos os lugares, só necessitando ser redescoberta: uma vida simples, solidária e feliz (capítulo 8 - Discussão e capítulo 9 - Conclusões e Sugestões).

Nos anexos são encontrados os embasamentos teóricos básicos necessários para uma melhor compreensão do texto.

2- OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo principal obter um melhor entendimento entre as atividades humanas e as alterações no meio ambiente provocada por elas e como se processaria essa relação no futuro. Para tal dividiu-se o trabalho em vários itens, quais sejam:

- fazer uma retrospectiva geral sobre as evidências atuais das mudanças climáticas com suas principais conseqüências;

- tirar da história lições dos resultados calamitosos que a desconsideração da variável ambiental, em todos os aspectos, causou em várias culturas;

- expor resumidamente a teoria de William F. Ruddiman que diz que a humanidade tem emitido gases que influenciaram o clima muito antes de meados do século XVIII, quando do início da Revolução Industrial, data tida como o marco inicial da ação humana sobre o clima. Segundo Ruddiman os desdobramentos desse fato foram determinantes para o desenvolvimento da história, que levou a atual configuração mundial;

- relacionar meio ambiente e desigualdade social. A partir de certos indicadores, conclui-se que o fator social é uma variável de especial importância na manutenção do meio ambiente.

Por fim, baseado nos itens anteriores e da inevitabilidade da relação homem - meio ambiente, será feita uma reflexão sobre como a evolução humana (e conseqüentemente sua ciência e tecnologia) irá, porventura, encontrar as soluções dos problemas causados por essas mudanças climáticas e ambientais. Isso baseado no pressuposto de que o ideal de vida humana seja a felicidade e também em um eventual controle demográfico. Essa reflexão será feita basicamente nos capítulos 8 (Discussão) e 9 (Conclusões e Sugestões).

3- METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho foi baseada principalmente na coleta, comparações e análise crítica das informações da literatura produzidas mundialmente sobre os temas pertinentes. Essas informações passaram por uma seleção criteriosa no sentido de cumprirem um mínimo de rigor científico.

Além disso, devido ao fato do tema estar inserido em um programa maior, dentro do CEN (Centro de Engenharia Nuclear) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP) que envolve genericamente **energia, meio ambiente e desenvolvimento**, muitas informações e conclusões produzidas neste programa foram também utilizadas.

A estruturação do trabalho seguiu os seguintes passos:

-identificação das questões (capítulos 4 e 5);

-teorias envolvidas (capítulos 6 e 7);

-discussão (capítulo 8);

-conclusões e sugestões (capítulo 9) e

-aditivos explicativos (anexos).

4- EVIDÊNCIAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças climáticas podem ocorrer por fatores internos ou externos à Terra e a sua atmosfera, sendo que os fatores internos podem ainda ser classificados como **naturais** ou **antrópicos**, ou seja, causados pelo homem. Não resta dúvida que os fatores naturais externos também podem ocasionar mudanças climáticas, mas cada vez mais fica provado que o homem vem interferindo, e muito, para as mudanças no clima.

O homem para evoluir desmata, queima, modifica o meio ambiente de acordo com seu interesse e conjuntamente com outras atividades, emite gases causadores do chamado Efeito Estufa, quais sejam: dióxido de carbono (CO_2,), metano (CH_4), vapor d'água, óxido nitroso (N_2O), ozônio troposférico (O_3) e clorofluorcarbonetos (CFCs).

Efeito Estufa é o processo de absorção e emissão de radiação infravermelha pelos gases atmosféricos, ocasionando o aquecimento da superfície terrestre e da atmosfera (vide Anexo A). O Efeito Estufa não é tão maléfico assim, pois sem ele, a temperatura na Terra seria até 30º C mais baixa. No entanto, como as emissões dos gases vêm sendo cada vez maior por conta da interferência humana, o Efeito Estufa é cada vez mais intenso e, por conseqüência, o aquecimento terrestre também.

O dióxido de carbono (CO_2), ou gás carbônico, é um gás incolor, ligeiramente tóxico, inodoro e de sabor ácido, liberado também pela combustão de matéria orgânica. Tem como fonte natural a respiração, a decomposição de plantas e animais e queimadas naturais das florestas. Já o homem ocasiona a sua liberação mediante queima, principalmente, de combustíveis fósseis, mudanças na vegetação (ex. desflorestamento), queima de biomassa e fabricação de cimento. Sua emissão é considerada como fator primário e primordial do Aquecimento Global, uma vez que ele absorve radiação infravermelha. O tempo de sua permanência na atmosfera está compreendido

entre 50 e 200 anos. Com exceção do vapor d'água, é o gás que mais contribui para o Efeito Estufa.

O metano (CH_4) é o principal componente do gás natural, é inodoro e incolor, sendo combustível. Sua liberação natural ocorre através da decomposição de matérias orgânicas, sendo que a liberação antropogênica ocorre pelo cultivo de arroz, pecuária, queima de biomassa e combustíveis fósseis. Assim como o CO_2, também absorve a radiação infravermelha mantendo a energia e o calor na Terra. Seu tempo de permanência é de cerca de 20 anos na atmosfera, sendo o segundo gás mais importante para o Efeito Estufa.

Óxido Nitroso (N_2O) é um gás tóxico para as vias respiratórias. É liberado naturalmente pelos oceanos e florestas, já o homem provoca sua liberação através da produção de náilon, ácido nítrico, atividades agrícolas, queima de biomassa e combustíveis fósseis.

Ozônio (O_3) é um gás instável, tóxico, de coloração azul, variando do pálido ao escuro (quando na forma líquida). É liberado naturalmente por reações fotoquímicas complexas e pelo homem através dos processos de desinfecção de água potável e na remoção de sabores e odores indesejáveis. Também serve como agente branqueador para compostos orgânicos.

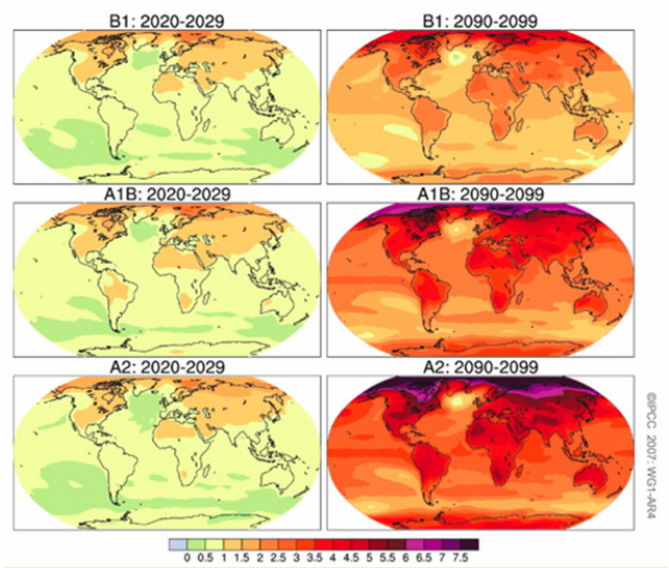
Clorofluorcarbonetos (CFCs) são responsáveis pela destruição da camada de ozônio na estratosfera (o O_3, ao contrário do perigo que representa na troposfera, tem papel protetor contra radiação ultravioleta na estratosfera). É liberado por meio de propelentes em aerossóis, nos isolantes de equipamentos de refrigeração, nos motores de aviões, nos plásticos e solventes utilizados na indústria eletrônica.

Aquecimento Global

Muitas evidências existem a respeito das mudanças climáticas. A maior, no entanto, é o aquecimento do clima da Terra, ou Aquecimento Global. Esse termo tem sido usado para definir o aquecimento antropogênico, ou seja, aquele causado pelo homem, não natural e verificado principalmente nos últimos 200

anos, através da emissão dos gases de Efeito Estufa. Somente no último século, a temperatura do planeta subiu 0,6º C nos dois hemisférios.

Tendo em vista este aquecimento global, o IPCC ("*Intergovemmental Panel on Climate Change")* formulou um estudo com as previsões futuras de temperatura global sob vários cenários (FIG. 4.1).



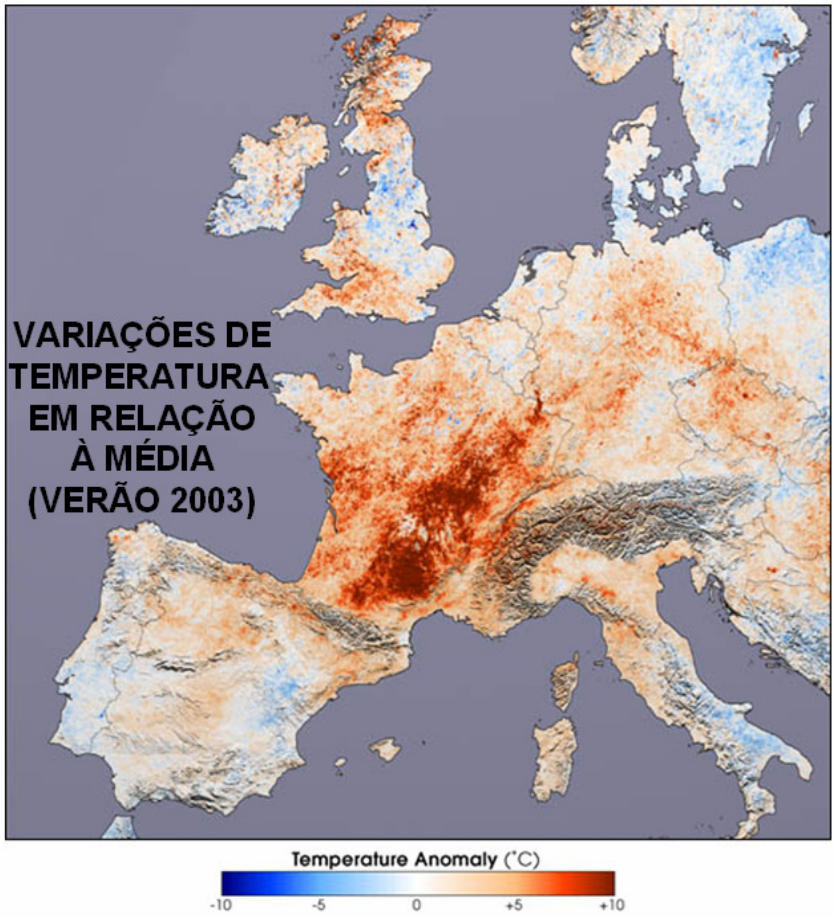
Fonte: IPCC, 2007

FIGURA 4.1 - Previsões futuras da temperatura global segundo os vários cenários do IPCC

O Aquecimento Global acarreta vários fenômenos que, de maneira geral, são indesejáveis, tais como: derretimento das calotas polares, aumento do nível da água nos oceanos, diminuição da quantidade de água potável, desastres naturais de várias ordens, avanço dos desertos e desertificação, extinção de espécies, etc. Com pouquíssimas exceções pontuais, esses fenômenos avançam e vêm causando diversos problemas ao homem, notadamente aos mais pobres, uma vez que os dividendos das atividades que causam determinada degradação ambiental, não são democraticamente distribuídos, assim como também não são democraticamente distribuídos o correspondente ônus. Essa situação é mais ou menos intensa nessa ou naquela região, cidade ou país mas, grosseiramente, é essa a regra geral. Principalmente por essa razão, as degradações ambientais e sociais caminham lado a lado. Esse processo é mais visível em países em

desenvolvimento que, além de arcar com a maioria do ônus sócio-ambiental de uma atividade, muitas vezes não usufrui dos dividendos. Ademais esses países não contam com legislações efetivas e, de modo geral, ainda sofrem com graves problemas de corrupção.

Um exemplo desse aquecimento global e de suas conseqüências catastróficas é a onda de calor de 2003 na Europa, que matou entre 35.000 a 50.000 pessoas (FIG. 4.2).



Fonte: Metsul

FIGURA 4.2 - Onda de calor no verão europeu de 2003 matou entre 35.000 e 50.000 pessoas

Uma série muito grande de outros problemas, dos mais variados, pode também ser atribuída ao Aquecimento Global. Como exemplo pode-se citar

perdas econômicas, principalmente na agricultura e, como conseqüência, ondas de migrações em massa se procedem, notadamente nos países da África subsaariana, onde também guerras étnicas são travadas, principalmente por territórios. Um relatório secreto obtido pela revista "*Observer"* em 2004, e reproduzido no Brasil pela revista *Carta Capital* [5], encomendado, segundo a revista, por um influente conselheiro do Pentágono, trata destas questões com um viés que transcende ao debate científico, colocando o problema das mudanças climáticas ao nível de **segurança nacional**. As principais conclusões desse relatório são:

- as guerras futuras serão travadas por sobrevivência e não por religião, ideologia ou honra nacional;
- chuvas torrenciais destruirão barreiras costeiras e tornarão grande parte da Holanda inabitável. Cidades como Haia serão abandonadas. Na Califórnia, barreiras no Rio Sacramento serão rompidas, interrompendo o sistema de aquedutos que leva a água do Norte ao Sul;
- mortes por guerra e fome chegarão aos milhões até a população do planeta ser reduzida a um nível sustentável;
- rebeliões e conflitos internos esfacelarão a Índia, a África do Sul e a Indonésia;
- o acesso à água se tornará um campo de batalha. O Nilo, o Danúbio e o Amazonas são mencionados como sendo de alto risco;
- uma redução significativa na capacidade do planeta sustentar sua população atual ficará evidente nos próximos 20 anos;
- áreas ricas como os EUA e a Europa se transformariam em 'fortalezas virtuais' para impedir a chegada de migrantes provenientes de áreas inundadas pela elevação do nível do mar ou nas quais a agricultura tornou-se inviável. Ondas de barcos de imigrantes se tornarão um problema significativo;
- a proliferação de armas nucleares será inevitável. O Japão, a Coréia do Sul e a Alemanha desenvolverão capacidades nucleares, como também o Irã, o Egito e a Coréia do Norte. Índia, Israel, China, Índia e Paquistão se inclinarão a usar suas armas nucleares;

- nos EUA e na Europa, haverá um aumento de 33% nos dias com temperaturas acima de 32 ^{0}C. O clima começará a perturbar a economia à medida que as chuvas, secas e ondas de calor tragam o caos à agricultura;
- mais de 400 milhões de pessoas em regiões subtropicais estarão em grave risco;
- a Europa enfrentará enormes conflitos internos ao lidar com as massas de migrantes que desembarcarão em sua costa. Imigrantes da Escandinávia procurarão climas mais quentes ao sul, e o sul da Europa será invadido por refugiados de países duramente atingidos na África;
- megassecas afetarão os celeiros do mundo, incluindo o meio-oeste norte-americano, onde fortes ventos provocarão erosão do solo;
- a enorme população chinesa e sua demanda por alimentos a farão particularmente vulnerável. Bangladesh se tornará quase inabitável devido à elevação do nível do mar, que contaminará seus suprimentos de água doce.

Pode-se considerar essas previsões um tanto quanto "*catastrofistas*" demais, mas hoje há uma clara concordância entre os pesquisadores de várias áreas, de que o futuro do planeta Terra tem grandes chances de não ser um lugar melhor de se viver do que hoje.

Discorre-se brevemente a seguir sobre algumas conseqüências do Aquecimento Global.

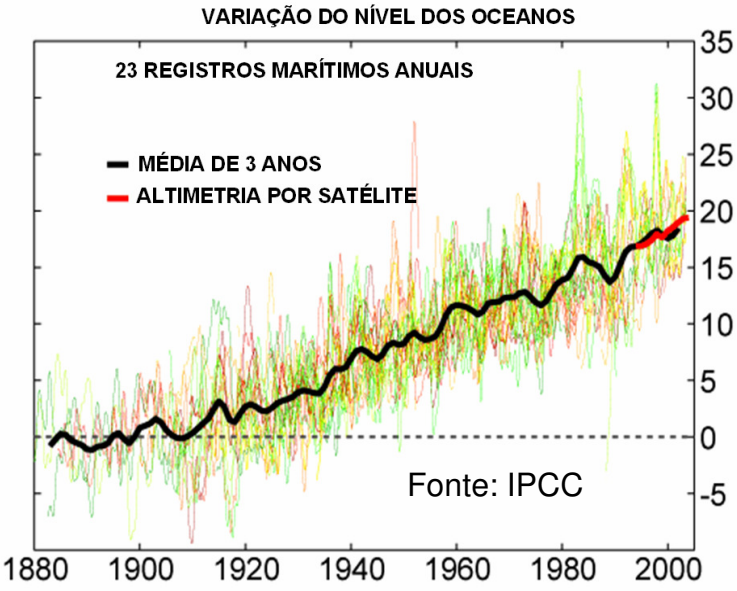
4.1 Derretimento das calotas polares e aumento do nível da água nos oceanos

Nas últimas três décadas a diminuição da calota polar devido o Aquecimento Global, foi de aproximadamente 20 % conforme informações do EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) [6]. A fotografia de satélite, a seguir, mostra o recuo da calota de gelo no pólo norte nos últimos 40 anos (FIG. 4.3). Desde há 100 anos atrás, ainda segundo esse órgão americano, o nível do mar se elevou de 15 a 20 centímetros (FIG. 4.4). Esse aumento do

nível da água tem ocorrido devido, em parte, ao derretimento das calotas polares e outras geleiras.

Fonte: EPA

FIGURA 4.3 - Recuo da calota polar norte em 40 anos



Fonte: IPCC

FIGURA 4.4 - Variação do nível dos oceanos desde a década de 1880 até meados da década de 2010

Outra forma de aumento do nível do mar é a dilatação térmica da água, quando sua temperatura for igual ou superior a aproximadamente 4º C (essa é a

situação predominante). O caso oposto ocorre ou seja, há contração do volume, quando a temperatura da água é aumentada até 4 ^{o}C. Esse comportamento "exótico" da água é melhor entendido observando o gráfico qualitativo a seguir.

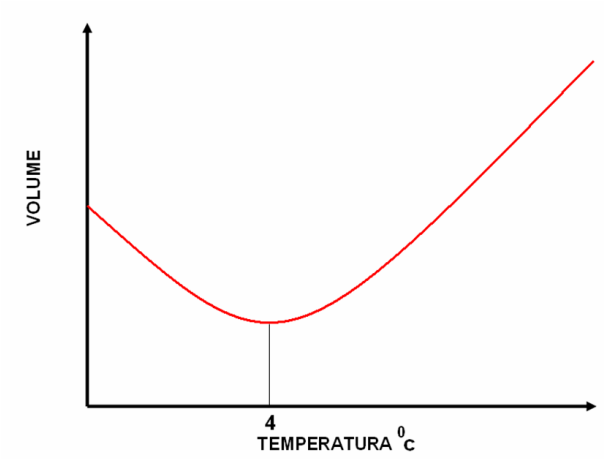


FIGURA 4.5 - Variação de um volume de água em função da temperatura

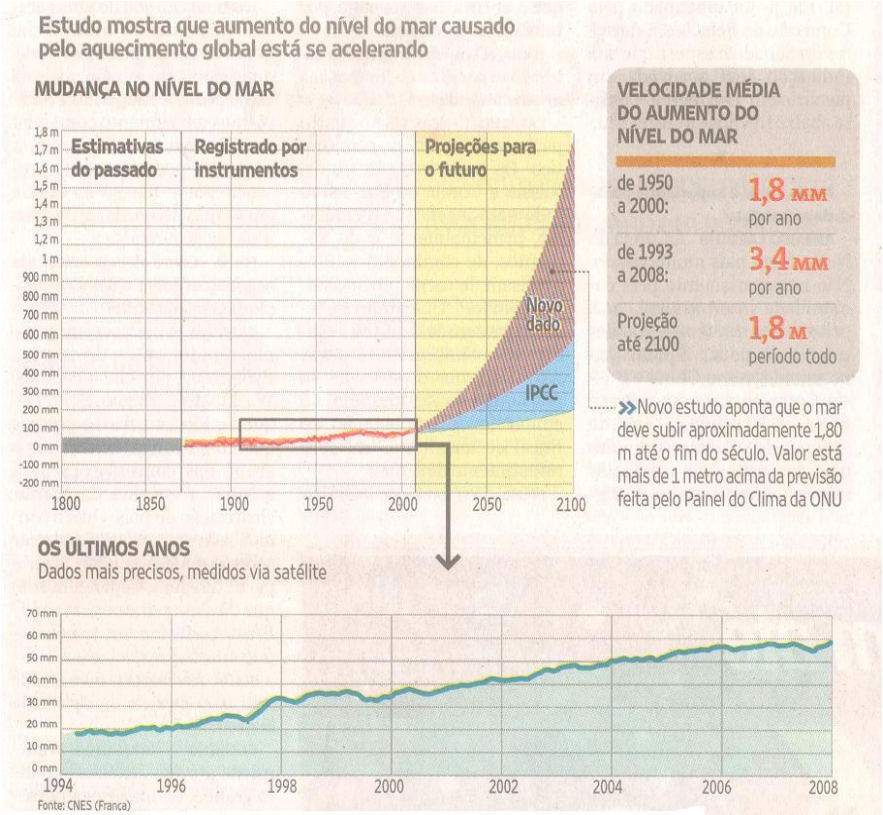
Esse aumento no nível da água ocasionará um problema maior, que é a perda das regiões costeiras, além disso, poderá causar enchentes, onde várias pessoas perderão seus lares.

Não bastasse esse gelo que derrete, esse processo libera também certa quantidade de gás carbônico, contribuindo ainda mais para o Efeito Estufa e conseqüentemente para o Aquecimento Global, num processo de re-alimentação (Anexo A.2). Os efeitos negativos podem ser sentidos ainda, tanto na agricultura como no turismo.

Hoje já há exemplos desse efeito climático, como por exemplo, o das *Ilhas de Tuvalu* (região da Polinésia entre a Austrália e o Havaí) que teve todas suas reservas de água doce salinizada devido a enchentes. Em 2003 uma grande maré inundou suas terras, sendo que estudos mostraram que o nível do mar subiu aproximadamente 5,6 milímetros por ano durante a década passada. Outro exemplo que pode ser citado diz respeito ao turismo. Algumas estações de esqui de baixa altitude na Suíça, em 2006, tiveram sua neve derretida, tendo que fechar suas pistas ou providenciar neve artificial. Estações alpinas de esqui se preocupam hoje em tentar estar um passo à frente do Aquecimento Global, não

apenas mediante máquinas para produzir neve artificial, mas também pela transformação dos hotéis em "*spas*" com atrações não relacionadas à neve.

Dados publicados em 2007 [7] avaliam que a elevação do nível das águas poderá ser de até 1,80 m, mais que o dobro da previsão do IPCC. Na FIG. 4.6 são mostradas as comparações entre as previsões e o ritmo de elevação do nível das águas nos últimos 14 anos.



Fonte: Folha de S. Paulo, 2007

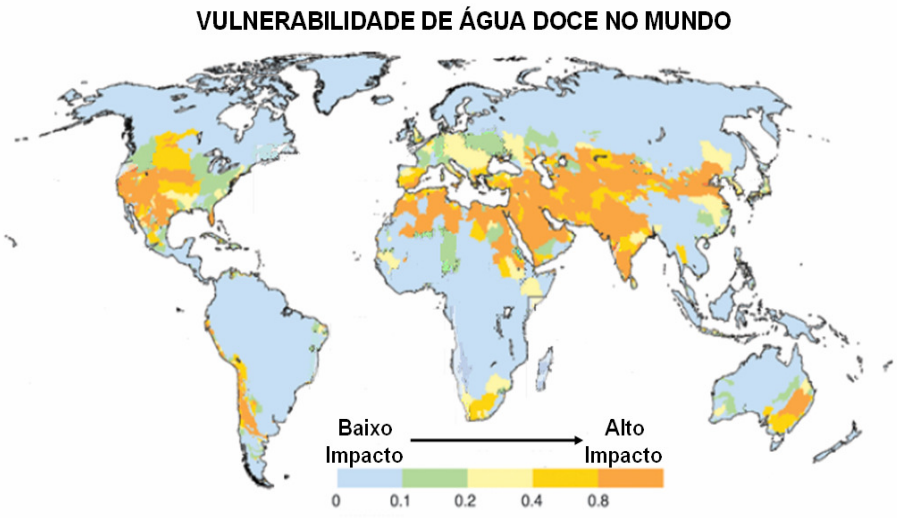
FIGURA 4.6 - Detalhamento da variação do nível dos oceanos e comparação entre fontes de estudos

4.2 Diminuição da quantidade de água potável

A quantidade de água potável no planeta vem diminuindo vertiginosamente, sendo que em futuro breve, passará a ser artigo de luxo. Sabendo que a Terra tem disponível cerca de 1.360.000.000 km³ de água, isso parecerá absurdo, no entanto, a maior parte dessa água é salgada, não servindo para o consumo humano.

As fontes de água potável, ou água doce correspondem há 2.4% do total da água do planeta, os outros 97,6% são de água salgada. Se não bastasse, apenas 0,31% dessa água não está congelada nos pólos do planeta. Além disso, muito dessa quantidade pequena de água está poluída por resíduos químicos, ou poderá ficar poluída, já que apesar dos alardes da escassez de água, muito pouco se tem feito para acabar com sua poluição.

Os países desenvolvidos são responsáveis hoje pelo maior consumo de água, mas, o que preocupa é o avanço do consumo de água pelos países em desenvolvimento. A FIG. 4.7 mostra a vulnerabilidade de água doce no mundo.



Fonte: IPCC

FIGURA 4.7 - Vulnerabilidade de água doce no mundo

4.3 Desastres naturais

A quantidade e o alcance de desastres tidos como naturais, tais como: tsunamis, furacões, enchentes, ciclones, etc., têm aumentado, o que pode ter relação com as mudanças climáticas. Em verdade, o que ocorre é que o homem ao degradar o meio ambiente desestabiliza o clima, o que, conseqüentemente aumenta o alcance desses desastres, tornando-os desastres que se pode chamar de “desnaturais”. Além disso, o aumento da população mundial e urbanização, colocam as pessoas no caminho e alcance destas tragédias.

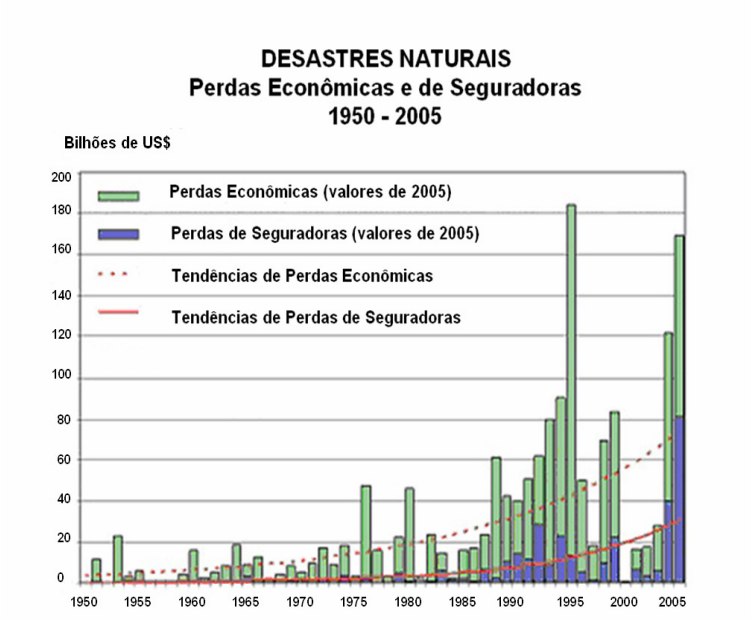
Conforme declarado pela pesquisadora sênior Janet Abramovitz, autora de "*Unnatural Disasters*" [8]:

> "*Ao degradarmos as florestas, modificarmos cursos de rios, aterrarmos áreas alagadas e desestabilizarmos o clima, estamos desfazendo a malha de uma rede de segurança ecológica extremamente complexa. Já modificamos tantos sistemas naturais, e tão dramaticamente, que sua capacidade de nos proteger de distúrbios foi gravemente minada. A atividade humana agrava os desastres naturais*"

Só na década de 90 os prejuízos causados por este tipo de desastres alcançaram a ordem de US$ 700 bilhões de dólares, quantia esta maior do que a das quatro décadas anteriores juntas [9]. A FIG. 4.8 mostra as perdas econômicas e o gasto das seguradoras com desastres naturais, além das próprias tendências. Nota-se uma evolução exponencial nas tendências.

O alcance destes desastres tem sido maior nos países subdesenvolvidos, no entanto cada vez mais os países tidos como de primeiro mundo, tem sido alvo dos desastres e, nestes casos, o prejuízo material é maior, enquanto que nos países subdesenvolvidos o número de mortos é bem maior.

O "*El Niño*" – fenômeno climático ocasionado pelo aquecimento das águas do Pacífico oriental – sempre causa problemas como inundações no Atlântico Norte e Sul.



Fonte: adaptado de UM - ISDR

FIGURA 4.8 - Perdas econômicas e de seguradoras devido a desastres naturais

Há várias demonstrações dessas catástrofes, tais como o Furacão Katrina, uma tempestade tropical que castigou o sul dos Estados Unidos em 29 de agosto de 2005, que atingiu a categoria 5 de Furacões – Escala Saffir Simpson cujo índice maior é o 5 (quando adentrou ao Sudeste do Estados Unidos caiu para 4), causando aproximadamente mil mortes e prejuízos incalculáveis principalmente na Região de New Orleans, onde alguns dos diques não conseguiram conter as águas do Lago Pontchartrain, inundando 80 % da cidade, conforme se verifica na FIG. 4.9 [10].

Fonte: Wikipedia, 2005

FIGURA 4.9 - Vista aérea de New Orleans após o furacão Katrina (2005)

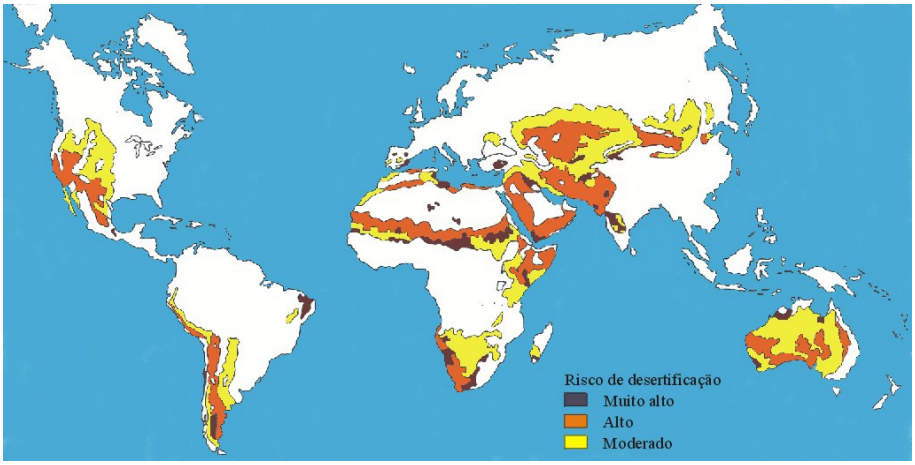
Outra catástrofe recente foi o Tsunami na Indonésia em dezembro de 2004, que matou mais de 160 mil pessoas. Tsunami é o nome dado a uma onda gigante ou várias ondas em alta velocidade, podendo ser causado por terremotos ou maremotos, grandes avalanches submarinas, vulcanismo, etc., e sem relação com Aquecimento Global. Mas pode ocorrer também devido a isso. Porém suas conseqüências podem causar alterações ambientais que colaboram com mudanças climáticas regionais.

Um exemplo de fenômeno que, a princípio, não tem relação com a interferência humana no ambiente, foi o devastador terremoto de maio de 2008 na província chinesa de Sichuan. Nesse evento, que atingiu 7,9 graus na escala Richter, cerca de 80 mil pessoas morreram e outras 5 milhões ficaram desabrigadas. Cientistas defendem a idéia de que as 315 milhões de toneladas de água, que formam a represa da hidroelétrica de Zipingpu, distante cerca de 5,5 quilômetros do epicentro, desencadearam as atividades sísmicas, que já é grande na região. Nas palavras do engenheiro-chefe do Serviço de Mineração e Geologia de Sichuan: *"...não estou dizendo que o terremoto não teria ocorrido se não fosse a represa, mas a presença da pesada obra pode ter alterado o tamanho ou o tempo do terremoto, criando então um tremor muito mais violento*".

Essa relação represa-terremoto não é novidade. Geólogos do mundo inteiro já registraram cerca de uma dúzia desses eventos. O maior deles, até o caso de Sichuan, ocorreu em 1967 na Índia, com a represa de Koyna que gerou um tremor de 6,3 graus na escala Richter e morte de aproximadamente 200 pessoas.

4.4 Avanço dos desertos

O avanço dos desertos causa, a cada dia, mais preocupação em todo o mundo. Vários são os casos de populações que são obrigadas a migrar em busca de terra e água. A África, mais especificamente a Nigéria, é um dos lugares mais atingidos do globo, onde as areias do Sahara estão invadindo o país. A FIG. 4.10 mostra as áreas do planeta mais sujeitas a esse fenômeno.



Fonte: IPCC

FIGURA 4.10 - Regiões da Terra com maiores riscos de desertificação

4.5 Extinção de espécies

Existem quatro causas principais para a extinção de seres vivos: sobrecaça/pesca, destruição de habitats, mudanças climáticas e introdução de espécies exóticas. Analisando mais a fundo essas causas, pode-se resumi-las a apenas uma: a ação humana.

A FIG. 4.11 mostra uma estimativa de perda de espécies desde o ano de 1700 até o ano 2000.

Fonte: adaptado de Global Tomorrow Coalition

FIGURA 4.11 - Estimativa de perdas de espécies em 300 anos

A lista de animais e plantas ameaçados de extinção, ou já extintos, vem aumentando a cada dia e não há nada mais efetivo até o momento sendo realizado, para acabar ou ao menos reduzir essa ameaça.

A reprodução de animais em cativeiro tem sido uma solução paliativa mas que tem seu lado cruel, e pode trazer riscos, como ocorreu em maio de 2008 em Sichuan, quando o local em que estavam reproduzindo os ursos pandas na China foi atingido pelo terremoto descrito no item 4.3, deixando o local inacessível, o que poderia ter ocasionado a morte de vários desses animais mantidos em isolamento.

Em alguns países, a caça é estimulada, considerada um esporte, não havendo, muitas vezes, preocupação com o futuro das espécies.

Em relatório disponibilizado recentemente na rede internacional de computadores, a organização não-governamental WWF, (*World Wilde Found*) [11] selecionou 9 mamíferos que são os mais ameaçadas do mundo, , conforme FIG. 4.12. Essa lista é encabeçada pelo rinoceronte-de-java, seguido do boto-do-pacífico (vaquita) e o gorila-do-rio-cruz.

Fonte: Greenpeace

FIGURA 4.12 - O aquecimento global põe em risco hábitats de várias espécies

O Anexo B traz a lista de animais extintos e animais em extinção, que aumenta constantemente.

Mas não são só os animais que estão sendo extintos ou em perigo de extinção. Plantas estão cada vez mais ameaçadas, como por exemplo as madeiras brasileiras: Andiroba, Cedro, Jacarandá, Mogno, Pau-Brasil, Pau-de-Cabinda e Pau-Rosa.

O Aquecimento Global, causado pelas mudanças climáticas, também causa problemas de saúde tais como viroses, infecções, alergias e problemas respiratórios. Além do retorno de doenças tidas como extintas como, por exemplo, o caso da dengue que tanto tem afetado o Brasil.

Como visto, várias são as evidências das mudanças climáticas, mas por quê elas ocorrem? Tem alguma ligação com a ação humana no meio ambiente e conseqüentemente no clima? Sabemos que o homem interfere no meio ambiente, não restam dúvidas, mas quando de fato começou esta interferência? Essa é uma pergunta que responderemos no próximo capítulo.

5- UM PASSADO COMPROMETEDOR

A periodização da História em épocas, períodos ou idades, é uma divisão artificial e didática para que ela se torne mais intelegível. Ao final do século XIX, quando da afirmação da História enquanto ciência, firmou-se no mundo ocidental uma divisão baseada em grandes marcos ou eventos, que se denomina de "periodização clássica", qual seja:

Pré-História - corresponde ao período que antecede a invenção da escrita (evento que marca o começo dos tempos históricos registrados), que ocorreu aproximadamente antes de 4.000 a.C.;

Idade Antiga - foi o período que se estendeu desde a invenção da escrita até a queda do Império Romano do Ocidente (476 d.C.);

Idade Média - início com a queda do Império Romano do Ocidente, e término com o fim do Império Romano do Oriente, com a Queda de Constantinopla, em 1453 d.C.;

Idade Moderna - da queda de Constantinopla ao término da Revolução Francesa, em 1789 e

Idade Contemporânea - é o período atual da história do mundo ocidental, iniciado a partir da Revolução Francesa.

No Anexo C, encontra-se um detalhamento dessa periodização da história.

O homem atual (*Homo Sapiens)* surgiu na pré-história na chamada era **Paleolítica** (pedra antiga), também conhecida como **Idade da Pedra Lascada**, que corresponde ao período onde começaram a utilizar utensílios (cerca de 2 milhões de anos atrás) e que durou até cerca de 10 a 12 mil anos atrás. Esta era

uma época de temperaturas muito baixas, obrigando o homem a viver nas cavernas.

A sociedade, neste alvorecer do homem, já era comunal e possuiam uma certa organização social e famíliar. Eram nômades (andavam à procura de alimentos), descobriram e dominaram o fogo, já eram capazes de se comunicar com uma linguagem rudimentar, praticavam rituais funerários e desenvolveram as primeiras práticas de magia (devido ao mistério que o fogo suscitava).

O fogo era utilizado para várias funções, entre elas:

- arma;

- fonte de calor e luz;

- auxiliar para cocção de alimentos;

- tratamento térmico de certos materiais.

O homem pré-histórico era principalmente caçador e coletor, caçava para se alimentar e usava a pele dos animais como vestimenta, complementando sua alimentação com o que coletava dos vegetais nas redondezas. O esquema de vida do homem nessa época seguia ciclo elementar disposto na FIG. 5.1:

FIGURA 5.1 - Esquema de vida do homem há mais de 35 mil anos

O território utilizado para caça e coleta era limitado à distância a ser percorrida em um dia (ida e volta) e como agiam de forma predatória, os recursos

do local onde viviam logo se esgotavam, obrigando-os a se mudarem constantemente.

5.1 Revolução neolítica

No processo lento de evolução do homem, ele passou de um controle fraco dos recursos naturais (caça – coleta) para uma exploração mais eficiente e segura (agricultura – pecuária).

Os instrumentos utilizados foram, ao longo do tempo, melhorando e a população foi trocando o modo nômade por uma vida mais sedentária. Grupamentos humanos que tinham problemas com a irregularidade de chuvas desenvolveram formas de irrigação artificial mediante escavações de canais e ramificações a partir de fontes de água pré-existentes.

Esta é a fase da evolução cultural do homem chamada pelo arqueólogo australiano Vere Gordon Childe (1892/1957) de **Revolução Neolítica** [12]. Nas palavras de Childe, a fase em que se deu a passagem do Homem "*de parasita a sócio ativo da natureza*". Foi uma transformação que levou o homem a se fixar definitivamente na terra e adapta-la às suas necessidades, tendo por base uma economia de produção. O processo de transformação da relação do homem com os animais e plantas proporcionou um maior controle e uma maior abundância nas fontes de alimentação. Na FIG. 5.2 observam-se alguns artefatos da época.

Fonte: Wikipedia, 2008

FIGURA 5.2 - Artefatos Fabricados na Era Neolítica.

5.2 Início da interferência humana no clima

Atualmente quando se fala que as atividades humanas provocam efeitos globais como o aumento da temperatura da Terra, logo se pensa que esse processo começou com o surgimento das fábricas e das usinas termoelétricas movidas a carvão mineral em meados do século XVIII, com a chamada Revolução Industrial. No entanto, um estudo publicado por William F. Ruddiman (capítulo 6) em 2003 [13], tenta provar que essa interferência teve início muito antes. Apesar de ser o primeiro a defender essa tese, estudos publicados por outros autores [14, 15] levam a crer que Ruddiman pode estar certo.

Em 1785, James Hutton [16] apresentou uma palestra em que alegou que o passado deve ser usado para entender o presente, ou seja, a forma como o homem usou o meio ambiente deve ser considerada para se compreender o que acontece hoje e, talvez, evitar eventos não desejáveis no futuro.

Para se desenvolver, o homem teve que remanejar o meio ambiente, convertendo exclusivamente a seu benefício, uma parte crescente da produtividade da biosfera. Àquela época, não se tinha a consciência de que a exploração da Terra poderia afetar de alguma forma o clima, assim o homem já interferia no meio ambiente há milhares de anos atrás, através do desenvolvimento da agricultura, pecuária, desflorestamento, imigração, etc..Mudanças climáticas regionais ocorriam, mas era consenso a tese de que estas mudanças ocorreram por causas naturais.

Mas uma visão mais aprofundada dessas alterações mostra que elas ocorreram exatamente em momentos específicos do desenvolvimento humano. No entanto essas mudanças eram locais e não era levado em consideração o efeito da interferência humana no meio ambiente.

Várias sociedades antigas sofreram colapso e desapareceram exatamente quando o clima do local em que viviam se modificou. Vários são os exemplos, tais como: os habitantes da Ilha de Páscoa no Oceano Pacífico; o povo Anasazis e vizinhos nos Estados Unidos; os Maias e os Mochicas na América Latina; os

Acádios no Iraque (Mesopotâmia); os Tiwanakus também na América do Sul, povos da Groenlândia Nórdica, da China, etc..

Suspeita-se que a ruína dessas sociedades tenha ocorrido devida, segundo Jared Diamond [17], a um "***ECOCÍDIO***" (suicídio ecológico), ou seja, a incapacidade das sociedades em entender a fragilidade do meio ambiente, combinada com a ganância que leva a exploração dos recursos naturais muito além dos limites da sustentabilidade. Isso vem sendo comprovado por arqueólogos, climatologistas, historiadores, paleontólogos e palinologistas. Nas palavras de Diamond o "*ecocídio*" de várias sociedades deveu-se ao:

> "*...desmatamento e destruição do habitat, problemas com o solo (erosão, salinização e perda de fertilidade), problemas com o controle de água, sobrecaça, sobrepesca, efeitos da introdução de outras espécies sobre as espécies nativas e aumento 'per capita' do impacto do crescimento demográfico*."

A diferença entre o ocorrido nessas sociedades e os tempos atuais, é que nunca antes os problemas atingiram escala tão gigantesca. Enquanto as antigas civilizações enfrentaram problemas locais e regionais, atualmente a humanidade inteira encontra-se diante do desafio de salvar o planeta. Não se trata mais de um povo ou uma nação ameaçada, mas todos os seres humanos. Ainda nas palavras de Diamond:

> *"... o paralelo entre o destino da Ilha de Páscoa e o mundo moderno é absurdamente óbvio. Graças à globalização, ao comércio internacional, aos aviões a jato e à Internet, todos os países do mundo hoje compartilham os mesmos recursos finitos. A Ilha de Páscoa era um lugar isolado no Oceano Pacífico, tanto quanto a Terra é um planeta solitário na imensidão do universo. Quando os habitantes polinésios da ilha se viram em dificuldade, não havia para onde fugir, da mesma forma como nós, seres humanos atuais, não*

> *teremos para onde ir caso os problemas atuais continuem a se agravar até o limite do desastre".*

Jared Diamond apresenta uma lista de doze desafios atuais para a humanidade:

1. destruição dos habitats naturais;

2. pesca exagerada nos rios e oceanos;

3. redução na diversidade biológica;

4. empobrecimento do solo;

5. crise do petróleo e falta de recursos fósseis capazes de fornecer energia para uma população crescente;

6. dramática redução nos estoques de água potável;

7. redução da energia solar devido às mudanças climáticas;

8. contaminação do solo por resíduos tóxicos;

9. invasão dos antigos habitats naturais por pragas e espécies "alienígenas";

10. atividade humana exagerada ("consumismo");

11. superpopulação do planeta;

12. aumento no impacto *per-capita* sobre os recursos naturais.

O Aquecimento Global e a conseqüente mudança no clima terrestre estão implícitos em cada um desses desafios.

Apesar das perspectivas alarmistas, Jared Diamond encerra seu livro fornecendo uma ponta de esperança:

> *"...de todas as sociedades que, ao longo da História, contemplaram o colapso, apenas a nossa tem a oportunidade de aprender com o passado*".

Aqui é acrescentado que a nossa sociedade também é a única que dispõe de conhecimento científico e tecnologia para enfrentar o desafio da sobrevivência.

As técnicas de reconstituição do clima do passado, que permitiu aos pesquisadores formular essas teorias, são descritas no Anexo C. A seguir são transcritos os exemplos de sociedades do passado que teve no clima um fator importante no sentido dos seus colapsos, conforme FIG. 5.3.

FIGURA 5.3 - Algumas civilizações que ascenderam e decaíram também em função do meio ambiente

5.2.1 Ilha de Páscoa

A Ilha de Páscoa é o local habitado atualmente mais isolado do Mundo, distante cerca de 3.700 km a leste da costa do Chile, tendo sido "descoberta" em

1722 pelo holandês Jacob Roggeveen. Nesta época, a ilha era um local ermo, sem nenhuma árvore ou arbusto com mais de três metros de altura. Sua população não tinha barcos tão desenvolvidos quanto os utilizados na época por outros povos da Polinésia, sendo que eram ruins e frágeis e suas canoas eram pouco mais de pequenas pranchas de madeira leve.

Apesar da situação acima apontada, a Ilha de Páscoa já tinha as esculturas em pedra, conhecidas como *Moais*, com 4,5 a 6 metros de altura, que para terem sido construídas, necessitaria de vários trabalhadores (FIG.5.4), o que demandaria técnica, organização, farta alimentação e uma razão cultural para tal. Além disso, seriam necessárias madeiras fortes para que fossem erguidos, portanto, antes de seu descobrimento, a Ilha de Páscoa apresentava outra situação ambiental. Então, o que teria acontecido com os recursos naturais do local?

Acredita-se que a Ilha de Páscoa foi colonizada pelos polinésios entre 300 – 400 d.C.. No entanto, o paleontólogo David Steadman [18] e os arqueólogos Cláudio Cristino [19] e Patrícia Vargas [20], mediante análise de amostras de carvão e ossos de golfinhos, chegaram à conclusão de que a colonização ocorreu por volta de 900 d.C..

Páscoa antes de sua descoberta por Roggeveen, ou seja, bem antes de seu declínio, era totalmente coberta por florestas, como provado também mediante exame do pólen (Anexo A). Além disso, foram encontrados ossos de vários animais que devem ter sido utilizados como alimento, tais como: golfinhos, peixes, aves, focas, moluscos e ratos.

Como visto, a fonte de recursos alimentares era extensa, mas em 1722, quando foi descoberta, todas as espécies de aves terrestres estavam extintas, as espécies de aves marinhas já não se reproduziam mais e os golfinhos e peixes oceânicos já tinham praticamente desaparecido, o que tem ligação direta com caça, pesca e desmatamento da região.

Estima-se que a exploração desenfreada que levou a extinção dos recursos da Ilha de Páscoa teve início em 900 d.C. e acabou, por esgotamento, anos antes da sua descoberta (1722).

Fonte: Wikipédia, 2004

FIGURA 5.4 - “Moais" da Ilha de Páscoa - gigantescas estátuas de pedra encontradas nas encostas da ilha

5.2.2 Anasazis e Vizinhos

Os Anasazis construíram os maiores e mais altos edifícios em pedra na América do Norte sem, no entanto, terem construído grandes cidades. O fim da sociedade anasazi e sociedades vizinhas ocorreu por conta do colapso ambiental (seca), guerras e canibalismo. Viviam no sudoeste dos Estados Unidos, mais especificamente nos estados do Arizona, Novo México, Utah e Colorado, onde hoje o ambiente é hostil para agricultura.

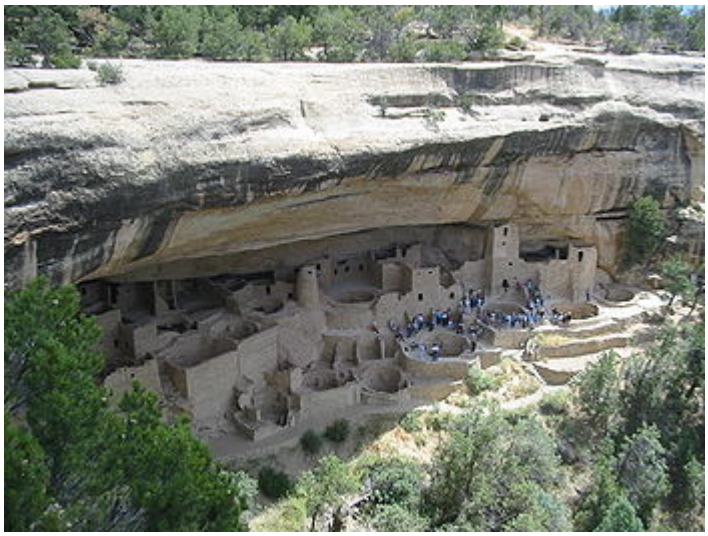
Surgiram aproximadamente em 600 d.C. tendo abandonado o local entre 1.150 e 1.200 d.C.. Acredita-se que o local em que viviam os Anasazis era um oásis ambiental, havia água e os níveis de renovação do solo eram altos, mesmo sem chuvas. Além disso, havia várias plantas selvagens e espécies de animais úteis.

Como o sudeste americano já era uma região de pouca chuva, no princípio eram utilizados três tipos de soluções: agricultura em terra seca, em que se

plantava em lugares mais altos onde a ocorrência de chuva era maior; plantações onde o lençol freático era próximo da superfície para que as raízes das plantas pudessem crescer até o lençol e coleta de água em valas e canais para irrigação das plantações.

Por volta de 900 d.C., os anasazis passaram a desviar o curso natural das águas por meio de canais profundos (os canais, com cerca de 7,5 metros de largura e 4,5 metros de profundidade, estendiam-se por até 25,5 quilômetros, e uma rede ao longo do rio Salt ligava 240 quilômetros de canais) e iniciaram o desmatamento para plantarem mais. Quando a madeira da região acabava, os anasazis tinham que ir mais longe para conseguir mais madeira. Percorriam (estima-se) até 80 km para conseguir, mas a luta contra a destruição que eles mesmos provocaram não foi suficiente para salvar sua população.

Aproximadamente em 1.130 d.C. teve início uma seca severa que acabou com a água da região, não tendo a população o que beber e do que se alimentar, já que sem água não havia como irrigar as plantações. Este fato levou o povo ao colapso. Suas ruínas podem ser vistas na FIG 5.5.



Fonte: Wikipédia, 2005

FIGURA 5.5 - Ruínas Anasazis – sudoeste dos Estados Unidos.

5.2.3 Maias

A civilização Maia desenvolveu-se na região da América Central (vide FIG. 5.3), mais especificamente no atual Belize, Guatemala, o ocidente de Honduras e na península de Yucatan ao Sul do México, tendo construído várias cidades. Assim como os Anasazis, provavelmente, a região foi ocupada por povos vindos da Ásia pelo estreito de Bering.

Desenvolveram uma arquitetura de cerimonial que é um mistério até hoje, com edifícios, templos sobre plataforma piramidal, palácios e um conjunto monolítico monumental, todos construídos em pedra. Além disso, desenvolveram escrita própria que até hoje não está completamente decifrada.

Além disso, tiveram grandes avanços na matemática, nas artes e na astronomia, tendo desenvolvido o mais preciso calendário existente na antiguidade.

O Império Maia teve sua ascensão a partir de 250 d.C. e seu colapso entre 750 e 900 d.C.. A economia maia era basicamente de agricultura e com o desmatamento e a erosão do solo, iniciou-se um colapso alimentar ocasionando revoltas sociais. Então, as cidades antes amplas e abertas foram fortemente guarnecidas por muralhas.

O clima na região variava de meses úmidos (maio a outubro) e outros secos (janeiro a abril), sendo que no sul o território era úmido e no norte seco. Mas, de modo geral, o clima era hostil (estudos em anéis de árvores do século XVI mostraram que o território era castigado por severas secas) que fez com que os maias desenvolvessem grandes obras de engenharia para acumular água. Plantavam milho, feijão, algodão, abóbora entre outros e, para produzir, desmatavam os terrenos com queimadas. Sedimentos de lagos datados da época demonstraram que o clima estava ficando cada vez mais seco.

Os territórios maias foram absorvidos durante o processo de expansão do império asteca por volta do século XV. Por fim, no ano de 1519, Hernán Cortez inicia a conquista do território asteca, incluindo as regiões anteriormente pertencentes aos maias. A FIG. 5.6 mostra as ruínas maias.

Fonte: Wikipédia, 2005

FIGURA 5.6 - Ruínas Maias – Península de Yucatan (México)

5.2.4 Mochicas

Localizados nos Vales de Chicama e do Mocha, na costa norte do Peru, o povo Mochila prosperou entre os anos de 300 e 500 d.C. e desapareceu misteriosamente por volta de 600 d.C.. Os Mochicas foram a primeira sociedade estatal pré colombiana, antes mesmo dos incas.

Seu povo vivia basicamente de agricultura de irrigação, cultivando batatas, milho e feijão. Para isso, desenvolveram um estilo de irrigação que é utilizada até hoje na região, uma vez que o solo é muito árido. Além das plantas, se alimentavam de peixes, frutos do mar e lhamas.

Uma enorme estrutura piramidal situada no rio Moche (a *Huaca del Sol*), foi a maior estrutura arquitetônica pré-colombiana construída no Peru e possivelmente o centro de irradiação da cultura Mochica. Este sítio arqueológico foi saqueado e destruído pelos conquistadores espanhóis devido a seus artefatos de ouro enterrados nas tumbas localizadas na pirâmide. Felizmente um sítio próximo (*Huaca de La Luna*), permaneceu praticamente intacto, conservando, além de abundante iconografia cerâmica, magníficos murais coloridos.

Por intermédio de testemunhos do gelo do Peru, notou-se que ocorreram mudanças climáticas que levaram o povo a abandonar seus lares. Suspeita-se que vários eventos do "*El Niño*" (alterações significativas, de 12 a 18 meses, na distribuição da temperatura da superfície da água do Oceano Pacífico, com profundos efeitos no clima), arruinaram as plantações e mataram os rebanhos,

levando a destruição dos mochicas. As ruínas de barro de Chan Chan podem ser vistas na FIG. 5.7.

Fonte: Wikipédia, 2004

FIGURA 5.7 - Ruínas de barro de Chan Chan, em Las Afueras de Trujillo (Leste do Peru – Cultura Mochica)

5.2.5 Acádios

A Acádia é o nome dado tanto à cidade como à região localizada na parte superior da baixa Mesopotâmia, situada à margem esquerda do rio Eufrates (no atual Iraque, distante cerca de 50 km do centro de Bagdá). A cidade alcançou seu ápice entre os séculos XXVI a.C. e XXII a.C..

Mediante estudos arqueológicos, verificou-se que uma mudança abrupta do clima tornou o solo árido, o que provocou o abandono da região da Mesopotâmia do Norte e inchaço da população na Mesopotâmia do Sul.

Destaque-se que esse império se desenvolveu muito no que diz respeito à agricultura e irrigação, o que pode ter ocasionado as mudanças climáticas que, junto com guerras, levaram ao extermínio do império Acádio. A FIG. 5.8 mostra antigo templo em forma de pirâmide na Mesopotâmia.

Fonte: Wikipédia

FIGURA 5.8 - Antigo templo em forma de pirâmide na Mesopotâmia

5.2.6 Tiwanakus

O império dos Tiwanakus (FIG.5.9) prosperou muito tempo, entre 300 a.C. e 1100 d.C., na Bolívia, nas proximidades do lago Titicaca. No entanto, em 1100 d.C., o povoado foi abandonado, aparentemente, abruptamente. Teve seu apogeu por volta do ano 900 d.C. quando a cidade teve estimados quarenta mil habitantes.

Sabe-se que o império desenvolveu muito sua agricultura através da irrigação e com proteção térmica das colheitas em épocas de geadas.

Os testemunhos do gelo encontrados em Quelccaya (calota de gelo que é a maior área glacial dos trópicos) mostram, mais uma vez, uma coincidência entre as datas do abandono do império, com o início das mudanças climáticas que causaram a aridez do clima.

Fonte Wikipédia, 2005

FIGURA 5.9 - Ruínas da civilização Tiwanakus

5.2.7 Groenlândia Nórdica

Por volta de 984 d.C., a Groenlândia (FIG.5.10) foi colonizada por noruegueses (vikings - daí a designação Groenlândia Nórdica) assentados perto da ponta sudoeste da ilha. Eles prosperaram durante alguns séculos, mas, após quase quinhentos anos desapareceram.

Mediante amostras de pólen e sedimentos de lagos e pântanos, além de testemunhos do gelo, foi possível determinar o clima na Groenlândia Nórdica. Os dados indicaram que entre os anos de 800 e 1300 d.C., as regiões em torno dos fiordes do sul da Gronelândia enfrentaram um clima relativamente ameno, o que permitia a agricultura e criação de gado, fazendo prosperar esses assentamentos.

Entre os séculos XIV e XV, desapareceram provavelmente devido à fome e conflitos crescentes com os inuítes (esquimós). Outros motivos como a erosão excessiva do solo, devido à destruição da vegetação natural para a agricultura e a obtenção de relva e madeira e uma diminuição da temperatura durante a chamada **Pequena Era Glacial**, também favoreceram o desaparecimento dos assentamentos. A fome, e a degradação ambiental levou finalmente ao abandono da colônia.

Fonte: Wikipédia, 2005

FIGURA 5.10 - Costa sudeste da Groenlândia

5.2.8 China

Em recente artigo publicado no jornal Folha de S. Paulo (07/11/2008 - do original da revista "*Science*") [21] mostra que na China, o ritmo das monções (sistema climático que transporta calor e umidade para o continente) foi uma variável importante para derrubar algumas de suas poderosas dinastias. As pesquisas revelaram que em três ocasiões, onde as monções tiveram comportamento irregular, houve períodos de estiagem.

Durante o período estudado, as primeiras grandes secas, ocorreram entre os anos 850 e 940. O segundo período foi entre 1350 e 1380 e o último período data do ano de 1580 até 1640. Durante esses três períodos, o estudo indica que houve importantes mudanças na história política da China.

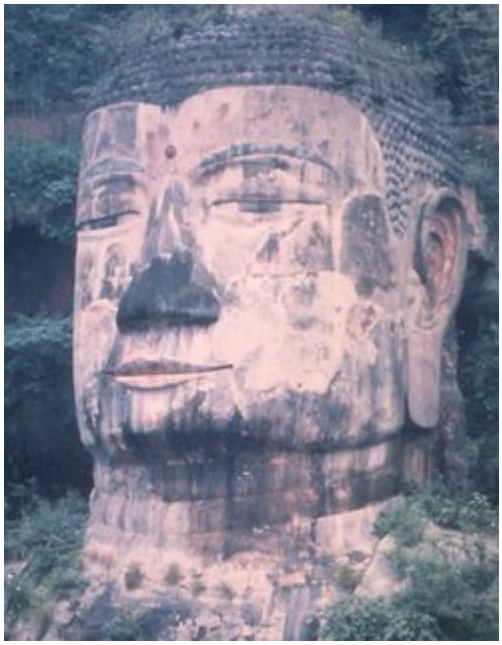
Os autores defendem que o clima teve importante papel em todas essas mudanças, "*mas é claro que outros fatores também pesaram*" - nas palavras de Hai Cheng, geólogo da Universidade de Minnesota (EUA) e um dos autores da pesquisa.

O fim da dinastia Tang (FIG. 5.11) coincide com as seis primeiras décadas do primeiro intervalo seco estudado. A decadência da dinastia Yuan começou em meados do século 14 (segundo período), e na virada do século 16 (último período estudado), a famosa dinastia Ming foi destituída.

Foi observado também que durante todos os três períodos observados houve retração e aumento da quantidade de neve sobre os Alpes suíços. Segundo os autores "...*essa é uma relação bastante clara*". Períodos em que as monções eram fracas, as geleiras nos montes europeus avançaram e vice-versa.

O estudo revelou também que, em períodos onde o clima favoreceu, as dinastias se fortificavam. Isso ocorreu, principalmente, entre 960 e 1020. Com mais chuva, aumentou a produção de arroz o que levou a um aumento da população e também a estabilidade política (dinastia Song).

Essa correlação positiva entre monções e política deixa de valer desde o fim do último período analisado (1640) até 1960. "*O enfraquecimento das monções neste último período pode ser resultado de forças antropogênicas (Aquecimento Global)*", diz Cheng. A questão, agora, é saber se isso terá conseqüências políticas.



Fonte: Wikipedia, 2008

FIGURA 5.11: Buda Gigante (71 metros de altura) de Leshan, China - Dinastia Tang

Como visto, o homem parece ter iniciado sua interferência no meio ambiente e, conseqüentemente, no clima, bem antes da Revolução Industrial. Esta é a Teoria defendida por Willian F. Ruddiman, que veremos no capítulo 6.

6-TEORIA DE RUDDIMAN

O Aquecimento Global, como conseqüência da intensificação do chamado Efeito Estufa, é um fenômeno climatológico de enorme inserção popular nos dias atuais. A maior parte das pessoas, nas várias camadas sociais e de todas as idades, são capazes de descrever corretamente esse fenômeno e atribuí-lo ao aumento da concentração de CO_2 devido ao uso intensivo dos combustíveis fósseis e ao aumento das queimadas florestais.

No entanto, William F. Ruddiman, em artigo de 2003 [13], lança um novo olhar sobre o Aquecimento Global que escapa das análises do tema, mesmo aos especialistas. Ruddiman afirma que práticas agrícolas dos antepassados do homem iniciaram o Aquecimento Global, com o lançamento de quantidades significativas de gases estufa, muito antes da Era Industrial. Mais que isso, diz Ruddiman que sem esse aumento das temperaturas, partes da América do Norte e da Europa, que seriam de 3 a 4 graus Celsius menores, tornariam inviável a agricultura nessas regiões, além de inviabilizar um início de uma era glacial incipiente a alguns milhares de anos atrás. A conseqüência disso é que a própria história da humanidade poderia ser diferente. Conclui Ruddiman:

> *"... atividades humanas ligadas à agricultura – primariamente o desmatamento e a irrigação de lavouras – devem ter jogado CO_2 e CH_4 extras na atmosfera. Essas atividades explicam tanto a reversão na tendência de concentração quanto o aumento constante até o início da Era Industrial. A partir de então, inovações tecnológicas modernas provocaram aumentos ainda mais acelerados nos índices de gases-estufa."*

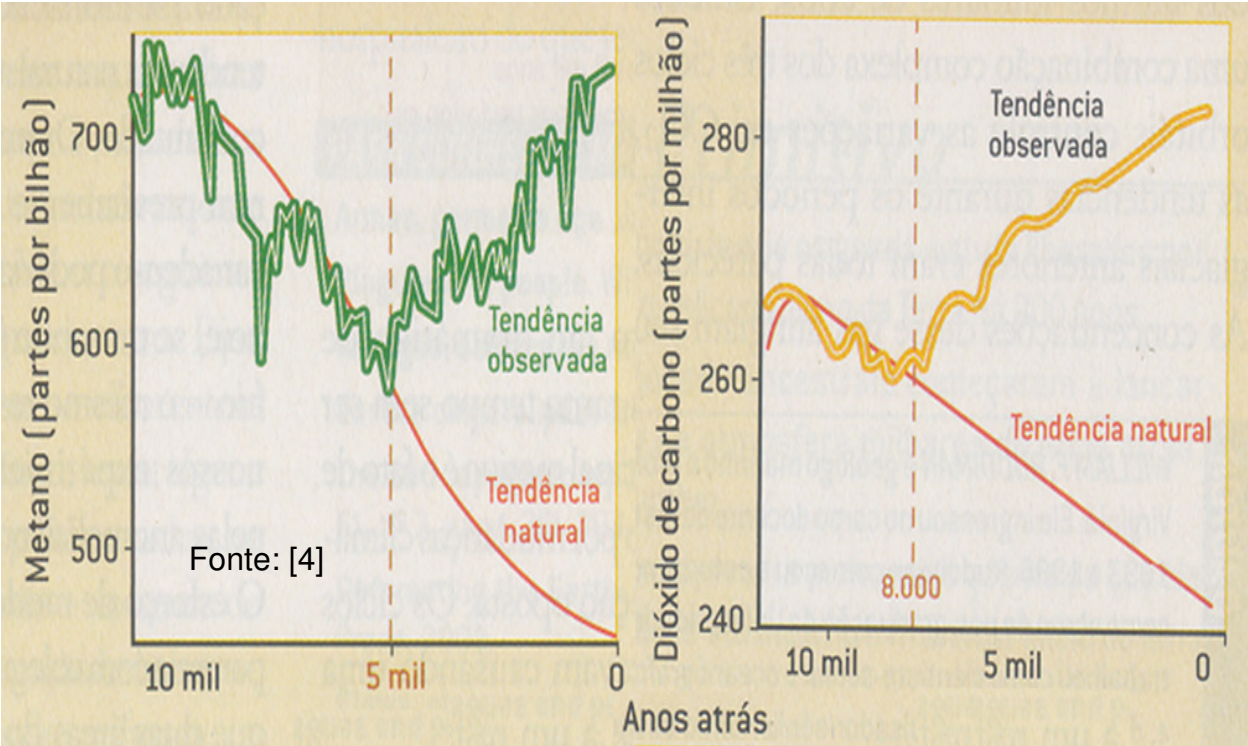
Ruddiman baseia sua teoria em previsões sobre o clima na Terra de longo prazo. Há mais de 30 anos descobriu-se que variações de ciclos orbitais da Terra,

devido às interações gravitacionais com outros planetas, vêm controlando o clima global por milhões de anos. São os chamados Ciclos de Milankovitch (anexo A3) que possuem períodos estimados de 100 mil anos (devido à excentricidade da órbita), 41 mil anos (devido à obliqüidade entre os eixos de rotação e translação) e 22 mil anos (devido à precessão do eixo de rotação) e influenciam na intensidade de radiação solar que incide em diferentes partes da Terra. Essas variações regulares é que explicam, por exemplo, as séries de eras glaciais.

Várias dezenas de seqüências climáticas se sucederam em milhões de anos, conforme revelam testemunhos de gelo das calotas polares (anexo C1), formando um padrão, relacionado às concentrações de CH_4 na atmosfera, que começou a ser quebrado há apenas 6 mil anos atrás com o surgimento das civilizações. Descreve Ruddiman:

> *"... tivesse a tendência recente continuado a imitar interglaciais anteriores, ela* (a concentração de metano - CH_4) *teria caído para um valor próximo de 450 ppb* (partes por bilhão) *durante o atual aquecimento mínimo de verão. Em vez disso, no entanto, essa tendência trocou de direção há cerca de 5 mil anos e subiu gradualmente de volta a 700 ppb pouco antes do começo da Era Industrial. Em resumo, as concentrações de metano subiram quando deveriam ter caído, e terminaram até 250 ppb mais altas do que seu ponto equivalente em ciclos passados."*

Da mesma maneira que o CH_4, a concentração do CO_2 na atmosfera também teve um comportamento anômalo nos últimos milhares de anos. Observa Ruddiman que a concentração do CO_2, que deveria estar caindo até hoje, conforme ciclos padrões anteriores, começou a aumentar cerca de 8 mil anos atrás. Na FIG. 6.1 são apresentados gráficos de Ruddiman que ilustram as divergências nas concentrações de CH_4 e CO_2.



Fonte: Ruddiman, 2003

FIGURA 6.1 - Divergências nas concentrações de CH_4 e CO_2 nos últimos milhares de anos

Como aparentemente nada mudou, pelo menos nos 4 últimos ciclos interglaciais, por que então a concentrações tanto do metano como do gás carbônico subiram neste último ciclo quando deveriam ter caindo? Ruddiman responde que nos últimos milhares de anos um elemento novo entrou em operação na Terra: **a agricultura**.

De fato, o início das atividades agrícolas se dá entre o período neolítico (10000 anos atrás) e o imediatamente anterior, o período da idade da pedra lascada (12000 anos atrás). Como é anterior à escrita, os primórdios da agricultura são obscuros, mas admite-se que ela tenha surgido independentemente em diferentes lugares do mundo, provavelmente nos vales e várzeas fluviais habitados por antigas civilizações. Durante o período neolítico, as principais áreas agrícolas estavam localizadas nos vales dos rios Nilo (Egito), Tigre e Eufrates (Mesopotâmia – atual Iraque) e rios Amarelo e Azul (China). Poucos milênios depois a agricultura apareceu também nas Américas. Porém,

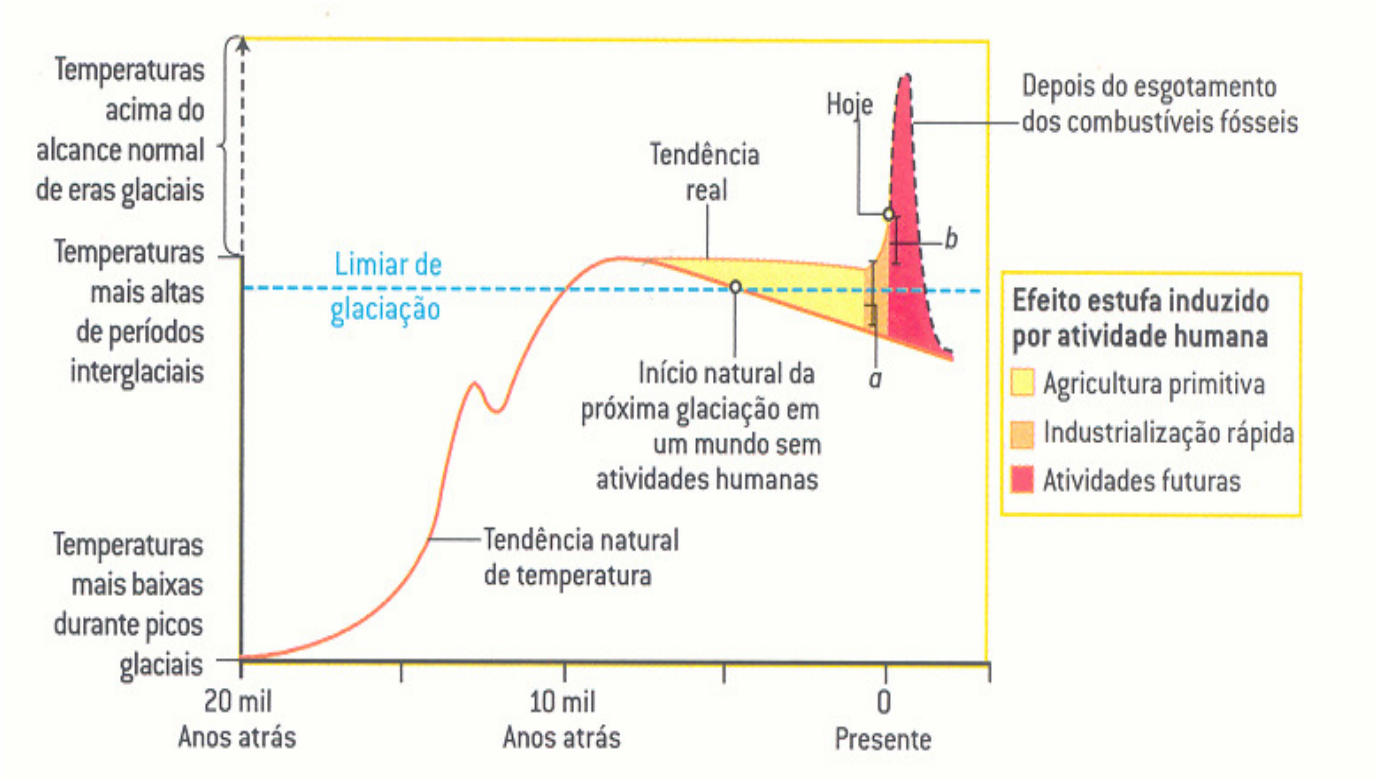
segundo Ruddiman, um processo foi definitivo no aumento da concentração de metano: o surgimento da irrigação da agricultura no sul da Ásia cerca de 5000 anos atrás.

Ligada a agricultura está o desmatamento que explicaria o aumento nas concentrações de CO_2. Tanto queimadas quanto largadas ao tempo, essas árvores liberariam carbono na atmosfera na forma de CO_2. Há registros que mostram que cerca de 90% das florestas naturais em terras baixas da atual Inglaterra foram eliminadas para dar lugar a agricultura até o ano de 1086. O mesmo se passou nos vales dos principais rios da Índia e da China de 2 a 3 mil anos atrás [13].

Questiona Ruddiman sobre o fato de que estas afirmações não foram percebidas há mais tempo. A principal causa talvez seja o fato de haver mudanças climáticas naturais que caminharam em direção oposta, mascarando esse efeito. A tendência do clima, segundo os padrões estabelecidos no passado, levaria a Terra a um resfriamento natural, notadamente em latitudes altas do hemisfério norte. Isso explicaria a chamada **mini era glacial** que atingiu o noroeste da Europa entre 1200 e 1850. Em simulações climáticas, utilizando as concentrações de CO_2 e CH_4 dos padrões do passado, Ruddiman e colaboradores concluíram que hoje o planeta seria, como um todo, cerca de 2 ^{0}C mais frio do que é hoje. Essa é uma diferença significativa, pois durante a última era glacial, cerca de 20 mil anos atrás, as diferenças de temperatura estavam entre 5 e 6 ^{0}C mais baixas do que hoje. Conclui Ruddiman:

> "*A natureza, do meu ponto de vista, teria resfriado o clima do planeta, mas nossos ancestrais o mantiveram quente descobrindo a agricultura.*"

O Aquecimento Global, induzido por nossos ancestrais, mascarou uma nova glaciação que teria se iniciado há 5 mil anos atrás. A FIG. 6.2, extraída do trabalho de Ruddiman, mostra uma estimativa do comportamento da temperatura média da Terra segundo a tendência natural, com efeito da agricultura primitiva, da era industrial e de possíveis atividades futuras.



Fonte: Ruddiman, 2003

FIGURA 6.2 - Temperatura média da Terra desde 20 mil anos atrás

Uma questão certamente vai passar pela cabeça do leitor quando da reflexão sobre os resultados de Ruddiman:

Poderiam, de fato, tão poucos humanos do passado, com tecnologias relativamente primitivas, induzir um aquecimento da Terra de forma tão significativa?

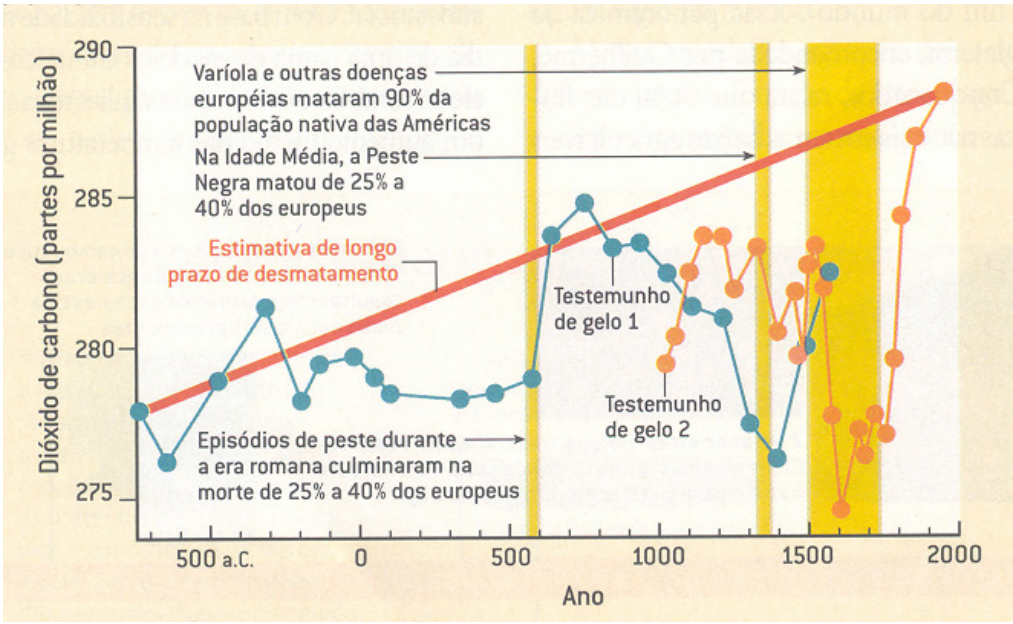
O próprio Ruddiman fornece a resposta quando relaciona as oscilações das concentrações de CO_2, obtidas mediante *testemunhos de gelo* (anexo C1) do continente Antártico, com as maciças mortandades humanas que acompanham as doenças epidêmicas amplamente difundidas - **as pandemias**.

As grandes mortandades ocasionadas por essas pandemias causaram, via de regra, o abandono completo de vilas rurais e fazendas, fazendo com que essas localidades se transformassem novamente em matas. Estima-se que uma

área abandonada se torne floresta novamente em aproximadamente 50 anos, absorvendo, por conseqüência, CO_2 durante esse período.

Duas graves epidemias de peste bubônica foram registradas por volta dos anos de 540 (a Peste de Justiniano) e 1350 na Europa (a terrível Peste Negra). Estima-se que cada uma dessas epidemias tenha ocasionado a diminuição de 25 a 40% da população da Europa. Com a colonização das Américas a mortandade de índios foi ainda mais dramática: cerca de 50 milhões deles morreram em decorrência das doenças trazidas pelos europeus, notadamente a varíola. Essa mortandade representou uma diminuição de cerca de 90 % dessas populações.

Considerando que Ruddiman esteja correto, os períodos que se seguiram desses eventos catastróficos, seriam de diminuição das concentrações de gás carbônico. Na seqüência, com a diminuição das concentrações de CO_2, a temperatura média da Terra teria a tendência a também diminuir. O que de fato aconteceu. Pelo gráfico apresentado na FIG. 6.3, observa-se, além da estimativa de longo prazo para o desmatamento (reta crescente), as medidas de CO_2 em dois testemunhos de gelo e as grandes mortandades.



Fonte: Ruddiman, 2003

FIGURA 6.3 Concentrações de CO_2, medidos em testemunho de gelo e episódios de grandes mortandades ao longo da história

As medições de CO_2 logo após os eventos das mortandades são decrescentes, com exceção do testemunho de gelo1 no evento da Peste de Justiniano (ano 540). Isso se deve, muito provavelmente, ao fato de que além da Europa ter aproximadamente a metade da população relativamente ao ano da Peste Negra (ano 1350), a intensidade do desmatamento no ano 540 também era menor. Esses dois fatos talvez tenham tornado irrisória tal mortandade frente aos acontecimentos simultâneos que ocorriam na Ásia onde a população era (e ainda é) muito maior do que na Europa.

6.1Crítica

Há aproximadamente 30 anos atrás, era consenso entre os cientistas, que o futuro da Terra seria mais frio devido às variações orbitais que ditam o comportamento climático. O horizonte desse futuro era, no entanto, de centenas e até milhares de anos. Aí então se descobriu que com o aumento das concentrações dos chamados gases estufa, ocasionado pelas atividades humanas (efeito antrópico), estavam “esquentando” a Terra num ritmo muito maior que os efeitos orbitais, de modo a fazer da Terra, num futuro próximo, um planeta realmente mais quente.

O dilema que se coloca seria que, estando Ruddiman correto em sua teoria, o aquecimento provocado pelas atividades humanas no passado favoreceram o desenvolvimento da humanidade. Então, em vistas do esfriamento esperado, devido às variações orbitais, não seria conveniente ainda certo aquecimento, devido às atividades humanas? Não seria essa a salvação futura da humanidade? Ou então o Aquecimento Global antrópico é tão intenso que, além de tornar irrelevante o esfriamento natural, já desencadeou mecanismos de “*feedback*” (anexo A.2) que levará, bem antes do efeito do esfriamento natural, a humanidade ao colapso? Qual a dose justa desse “remédio”?

Outro ponto a ser considerado em relação ao meio ambiente, são as desigualdades sociais, como veremos a seguir.

7- MEIO AMBIENTE E DESIGUALDADE SOCIAL [22,23]

A estratificação em classes sociais sempre esteve presente, com maior ou menor intensidade, em todos os povos. Porém esta realidade, em si, nunca implicou, ou pelo menos nunca foi relacionada, em efeitos ambientais significativos e, muito menos, em efeitos no clima de uma determinada região, pelo menos até bem pouco tempo atrás. No entanto hoje este é um fato que não se pode ignorar, mesmo a nível global.

Isso por que, em primeiro lugar, a população da Terra cresce em ritmo exponencial (hoje a população é superior a 6 bilhões de pessoas) e, em segundo lugar, o problema das desigualdades sociais, em certas regiões do mundo, até se intensificou. Se o que se espera do futuro da humanidade é o resgate das legiões de excluídos do mundo e garantia de um clima e um meio-ambiente condizentes com conforto e salubridade para a vida (humana ou não), então há de se repensar a opção do atual caminho que a humanidade tomou e que levou a atual **configuração sócio-ambiental.**

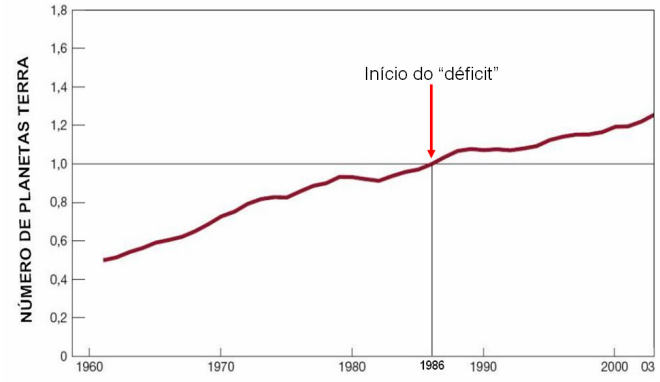
A sociedade atual, baseada fundamentalmente no sistema *Capitalista*, está moldada para dar vazão a uma produção de bens e serviços cada vez maiores. Na atualidade, as pessoas vivem num mundo complexo, no qual são **forjadas** várias necessidades.

Segundo recente relatório divulgado pelo Instituto Worldwatch [24,25], o consumo exacerbado é a "*maior ameaça ao futuro da humanidade*", não só pelo esgotamento dos recursos naturais do planeta, como também pela conseqüente deterioração da qualidade de vida das pessoas, principalmente as mais pobres.

Uma medida, de caráter global, que de alguma forma está relacionado ao consumo das pessoas, é a chamada **Pegada Ecológica** ("*FootPrint*" do inglês) (FIG. 7.1) [26, 27, 28]. Esta medida relaciona a área total necessária para produzir alimentos, energia e insumos e também eliminar a poluição de cada ser humano,

com a disponibilidade de área produtiva do planeta (Anexo E.1). Segundo essa medida, 1,8 hectares/*capita* de terra produtiva é o **limite máximo** para cumprir esse objetivo, porém hoje esse valor está em 2,1 hectares, ou seja, há um déficit de quase de 17%.

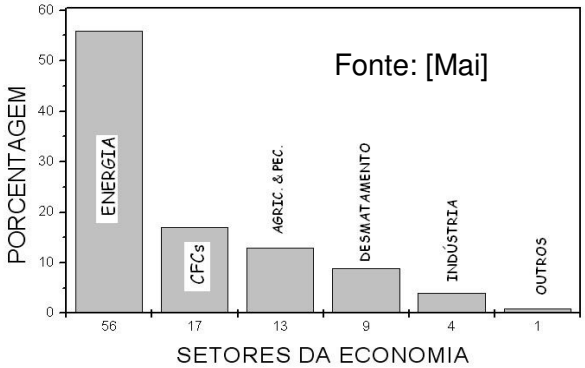
Conclui-se, então, que a inclusão dos pobres do mundo dentro da média das sociedades, tornará ainda mais dramático o que já é um grande problema.



Fonte: WWI, 2006

FIGURA 7.1 - Pressão ecológica global expressa em números de planetas Terra

As sociedades de maior responsabilidade por esse desequilíbrio são justamente aquelas que ditam as solicitações de consumo e **estilo de vida**, além da **estética** e da **cultura**. Nesse contexto de consumo, o chamado **Ciclo da Energia** é a atividade que mais impacta o meio-ambiente. A FIG. 7.2 mostra, entre os vários setores da economia, uma comparação na emissão de gases de Efeito Estufa.



Fonte: Mai, 2009

FIGURA 7.2 - Contribuição dos vários setores para o efeito estufa

Uma comparação interessante pode ser feita quando se confronta a Pegada Ecológica de um determinado país, com uma medida global das suas potencialidades ambientais, que é medida pelo chamado **Índice de Sustentabilidade Ambiental** (ISA e ESI do inglês) [29]. Esse índice é baseado numa série de 76 fatores agrupados em 5 classes (Anexo E.2):

1) Sistemas Ambientais, que pode estar melhorando ou piorando;

2) Redução de "*Stress*", que corresponde ao grau de influência das várias atividades;

3) Vulnerabilidade Humana quanto aos indicadores sociais (saúde, educação, etc.);

4) Capacidade Sócio-Institucional do país, que corresponde à sua política interna e

5) Grau de Cooperação Internacional do país, que corresponde à sua política externa.

Esse índice é fornecido anualmente pela associação da ONG "*Global Leaders of Tommorrow Environment Task Force*", o Fórum Econômico Mundial e as universidades de Yale e Columbia.

Relacionando a Pegada Ecológica e o ISA (ESI) dos países, obtém-se a distribuição mostrada na FIG.7.3 e na tabela que se seguem.

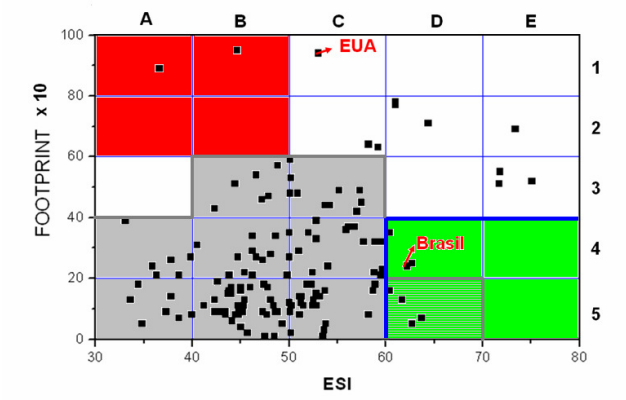


FIGURA 7.3 - Pegada Ecológica (PE) como função do ISA (ESI) para os países

TABELA 7.1 - Número de países em cada segmento da FIG. 7.3

	A	B	C	D	E
1	1	1	1	0	0
2	0	0	3	3	1
3	0	7	9	0	3
4	6	12	17	3	0
5	7	36	20	4	0

Nota-se que, a grande maioria dos países (114) estão localizados nas áreas de baixo e médio ISA e baixo e médio "*FootPrint*" (área destacada em cinza-claro no gráfico e na tabela). Apenas 7, dentre eles o Brasil, na área que se pode chamar de "verde" ou sustentável (baixo "*FootPrint*" e alto ISA) e 2 numa área que se poderia chamar de "crítica" ou insustentável (alto "*FootPrint*" e baixo ISA). Neste último grupo estão 2 países pequenos e ricos do Oriente Médio: Kuwait e os Emirados Árabes Unidos. Os Estados Unidos (EUA) tem um valor médio de ISA (53) e o segundo maior valor de "*FootPrint*" (9,4), só perdendo para os Emirados Árabes Unidos (corresponde às coordenadas C1).

Uma medida da qualidade de vida de uma sociedade pode ser feita pelo conhecido IDH (Índice de Desenvolvimento Humano – Anexo E.3). O IDH é uma medida conjunta de três dimensões do desenvolvimento:

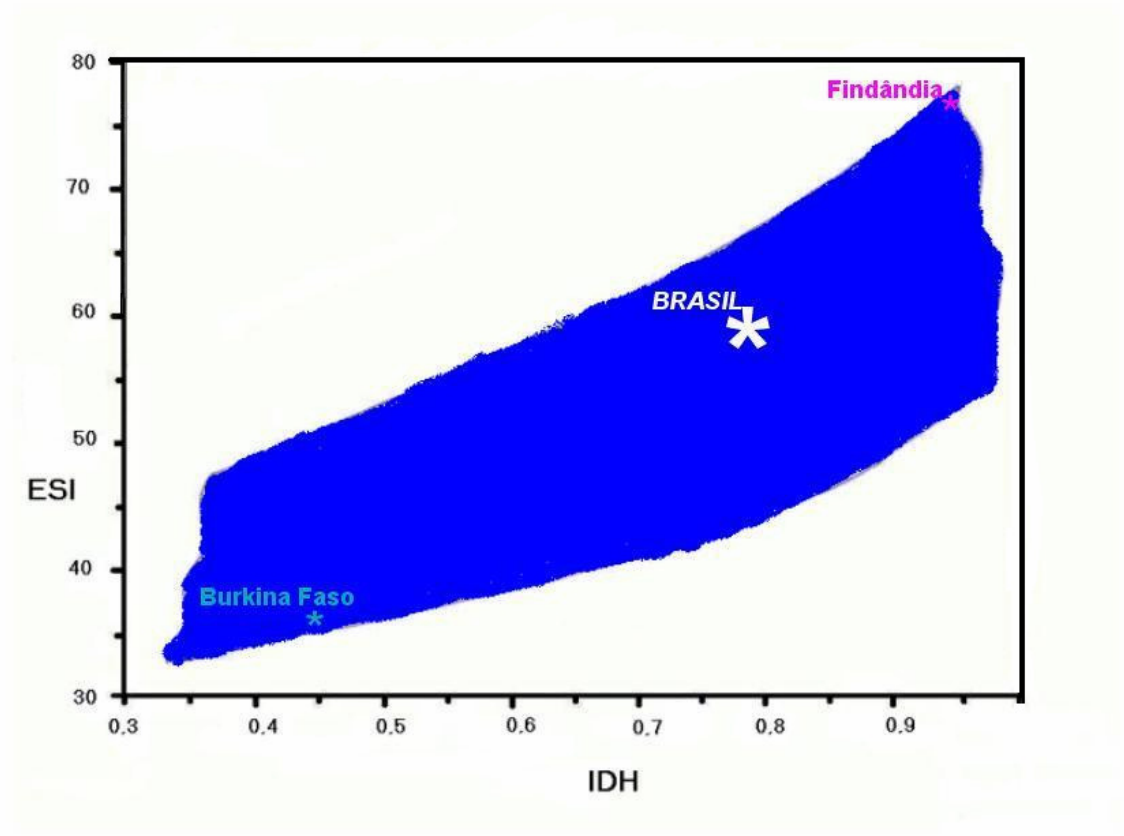
-Esperança de vida (saúde),

-Educação e

-PIB/c*apita* (Produto Interno Bruto *per capita*).

Este último componente do IDH (PIB/*capita*) é de particular importância, pois favorece os outros componentes indiretamente (saúde e educação).

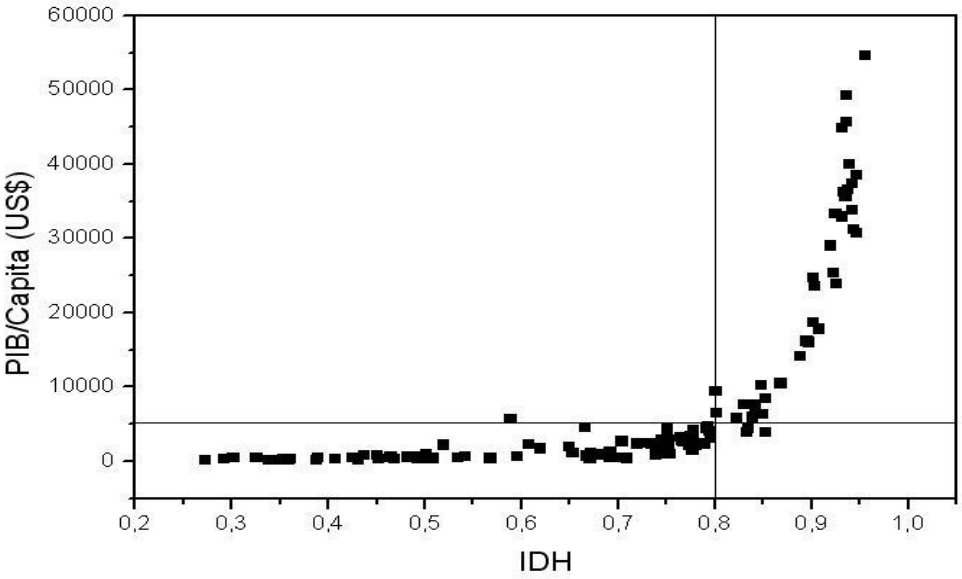
Observa-se que países com melhor qualidade ambiental (alto e médio ISA) são, de maneira geral, os de melhores indicadores de qualidade de vida (altos valores de IDH). Esse fenômeno se dá por várias razões, dentre as quais a própria condição social do povo, com maior conscientização (educação) que o leva a influenciar de forma mais incisiva na definição de políticas públicas favoráveis às questões ambientais (democracia). A FIG. 7.4 demonstra essa tendência.



Fonte: Mai, 2007

FIGURA 7.4 - Índice de sustentabilidade ambiental versus qualidade de vida

O desenvolvimento econômico representado pelo PIB/*capita*, e social representado pelo IDH dos países desenvolvidos promoveu, em geral para esses países, uma melhor condição ambiental no presente e melhores perspectivas para o futuro, em comparação com a grande maioria dos países em desenvolvimento. É interessante observar essa relação que está representada no gráfico da FIG. 7.5.



Fonte: Mai, 2006

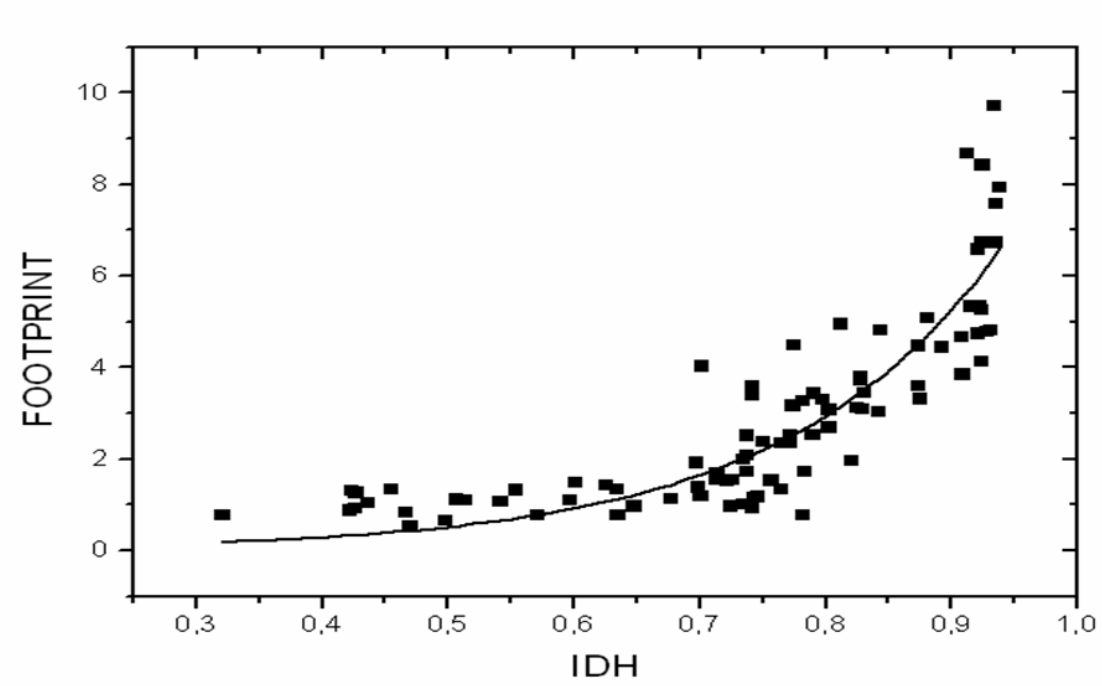
FIGURA 7.5 - PIB/*capita* versus IDH das nações para algumas economias

Fica claro, na FIG. 7.5, que US$ 5.000/*capita* é a renda mínima necessária para prover um IDH considerado alto.

A evolução recente da economia global levou a uma condição tal que países em desenvolvimento propiciaram, e continuam a prover, melhores condições ambientais dos países desenvolvidos, muitas vezes em detrimento próprio. O desequilíbrio entre esses dois grupos de nações, que essa situação representa, pode se tornar dramático e até, talvez, irreversível, condenando as populações de nações mais pobres a viverem abaixo de padrões aceitáveis por absoluta degradação do seu próprio meio ambiente. Dentre as causas que levaram a esta situação destacam-se: a transferência de fábricas obsoletas inteiras ou o estágio "sujo" do processo de produção para os países pobres, exploração dos insumos naturais necessários de todas as ordens, leis ambientais mais rígidas dos países ricos, incentivos fiscais favoráveis e menores custos de produção dos países pobres. Outro fator relevante nesse processo é a **corrupção**. A corrupção tem sua fonte, dentre outras, principalmente por interesses econômicos das nações mais poderosas, talvez pela mesma motivação que fizeram o ISA dos países ricos permanecer em condições mais

favoráveis que nos países pobres. A corrupção não só colaborou, ao longo do tempo, para a dilapidação sócio-econômico-ambiental das nações pobres, como também foi um fator importante na intensa iniqüidade no próprio seio da sociedade.

O índice Pegada Ecológica ("*FootPrint*") mostra que os insumos fornecidos pela natureza estão sendo consumidos de maneira insustentável, crescente e continuamente. Esta situação é devida à ação destrutiva principalmente dos países do bloco desenvolvido, cujas populações detêm melhores condições de vida, mas não só por estes. Isso pode ser constatada observando a FIG. 7.6 a seguir.



Fonte: Mai, 2006

FIGURA 7.6 - Pegada Ecológica ("*FootPrint*") em diferentes níveis de IDH

Da análise de tudo o que foi aqui apresentado, tem-se então agora a seguinte situação: para se melhorar as condições sociais de uma determinada população (IDH) (o que, como visto, melhora também sua situação ambiental (ISA)), deve-se incrementar a renda *per capita* (PIB/*capita*), o que, por sua vez, acarretará um aumento da Pegada Ecológica (PE). Fica evidente então que este

modelo de economia, que vem se impondo desde a Revolução Industrial, está chegando a uma perigosa encruzilhada!

No próximo capítulo, as questões apontadas serão devidamente discutidas.

8- DISCUSSÃO

A natureza é interação. Milhões de anos dessa interação se passaram até o momento presente. Existe então a tendência de se acreditar que, sem o homem, a natureza teria atingido finalmente um equilíbrio e que a presença do homem é um fator de perturbação. O ponto de vista aqui defendido é que as interações, mesmo sem o homem, continuariam para sempre em um processo de contínua evolução. Mas essa questão é hipotética, pois o fato é que o homem existe e é atualmente o agente de maior impacto na natureza. Tanto que sua presença no planeta, principalmente nos últimos 200 anos, tem provocado, como exposto neste trabalho, intensas alterações no ambiente natural com conseqüências, até mesmo, em dimensões globais.

Foi visto aqui que, de fato, a ação perturbadora humana na natureza foi importante também no passado. Esse processo se deu tanto para o “bem” quanto para o “mal” e, nos dois casos, de forma inconsciente. Como já descrito no trabalho, de acordo com Ruddiman, práticas agrícolas do passado iniciaram um Aquecimento Global muito antes da Era Industrial, retardando uma possível nova glaciação e viabilizando regiões tanto da América do Norte quanto da Europa que, caso contrário, seriam até 4 graus Celsius menores. Estando Ruddiman correto, este fato foi crucial para o desenvolvimento histórico da humanidade tal qual se procedeu.

Por outro lado vários são os exemplos de sociedades do passado que se extinguiram devido às alterações climático-ambientais provocadas por elas mesmas. A grande diferença entre as alterações do passado e as atuais, além das suas dimensões, está justamente no fato de que elas são hoje conhecidas e conscientes e claramente caminham para o “mal”.

Ademais existe hoje outro agravante que consiste num contingente enorme de pessoas que vivem em condições extremamente precárias, não só nos chamados países subdesenvolvidos, mas também nos desenvolvidos, e que

necessitam de serem alçados a um mínimo de condição humana digna, pois não se imagina um pretenso mundo sustentável no futuro com verdadeiros abismos sociais entre os povos. Esse fato, por mais inteligente que seja o processo de resgate, implicará em uma sobrecarga extra no meio ambiente, não obstante ao fato de que, como observado no capítulo 7, a condição ambiental melhora (ISA) à medida que melhora também a qualidade de vida da população (IDH). Recorda-se aqui que o indicador que mede essa "carga" na natureza (Pegada Ecológica), hoje apresenta um déficit de aproximadamente 17%.

Atualmente não passa um dia sequer sem uma notícia nos jornais que não toque, em pelo menos uma de suas inúmeras vertentes, no tema meio ambiente. Os alertas vêm surgindo de forma crescente no mundo a ponto de, num determinado momento, mobilizar as pessoas das mais variadas áreas e formações para realizar conferências mundiais sobre meio ambiente, para criar organismos internacionais e ONGs (Organizações Não Governamentais) específicas, para criação de órgãos de Meio Ambiente (e afins) dentro da estrutura de poder dos estados (ministérios, secretarias, escritórios, etc.), além do surgimento de legislações específicas, da inclusão do tema nos currículos escolares, etc. Enfim tem-se criado uma grande e complexa estrutura social de conscientização, estudos, legislações e ações que envolvem praticamente todas as comunidades, nos mais variados estágios de atuação e conhecimento na grande maioria dos países. Em função disso, o reconhecimento de que o futuro da humanidade é uma função direta da qualidade ambiental é hoje um quase consenso. Poucas são as vozes contrárias.

Mas, apesar de todo esse empenho, as conseqüências ambientais das ações antrópicas continuam e estão cada vez mais evidentes e devastadoras em boa parte do mundo, notadamente nos países em desenvolvimento. Para citar apenas um exemplo, em um artigo recente do jornal Folha de São Paulo [33], baseado nas previsões da Agência Internacional de Energia (IEA na sigla em inglês), diz que o carvão mineral, o combustível considerado o mais "sujo", terá o seu maior crescimento mundial este ano (2009). Segundo o mesmo artigo, o relatório da IEA, divulga que seriam necessários cortes de 19 bilhões de

toneladas de CO_2 para que o planeta fique em situação segura, porém a previsão é sombria, pois se estima um aumento de 55% nas emissões de CO_2 até 2030.

Com relação à condição social global (indicadores das Metas do Milênio da ONU [34]), observa-se que a evolução dos indicadores, apesar de consistentes na maioria dos países, é ainda muito modesta e lenta em vários casos.

Contudo há um fato positivo em tudo isso, como já observado no capítulo 5, quando da análise do trabalho de Jared Diamond. Diz o autor: "... *de todas as sociedades que, ao longo da História, contemplaram o colapso, apenas a nossa tem a oportunidade de aprender com o passado*". Na ocasião foi acrescentado que a nossa sociedade também é a única que dispõe de conhecimento científico e tecnologia para enfrentar o desafio da sobrevivência.

Os problemas ambientais hoje são globais, portanto as soluções deverão ser também globais. Isso implicará em ações, entre outras, em áreas não ambientais e que só serão viáveis com um rearranjo do estilo de vida de todos.

A biosfera, o lugar que aqui é chamado de natureza e de meio ambiente, só será extinta por processos externos, quando a Terra deixar de existir e não por processos internos da própria biosfera. Mas esta é uma biosfera mutante, num contínuo evoluir. Espécies animais e vegetais vêm, vão e se transformam numa escala de tempo enormemente maior que uma vida individual. É essa a lição que a própria natureza ensinou e o homem, com a inteligência do ser mais evoluído, foi capaz de aprender. Foi capaz de aprender também que, por sua própria ação, a sua espécie hoje corre perigo, não a natureza, pois esta se renova, mas o homem na natureza.

Os antigos "perderam" muito tempo em "inventar" um *modo contínuo* até ter clara a lei fundamental da Física sobre conservação da energia. O título deste trabalho pode parecer outra lei fundamental da natureza: **toda atividade humana interfere no meio ambiente e, por conseqüência, no clima.** Assim várias questões perturbadoras imediatamente surgiriam: estaria o homem, por conseqüência, condenado então a se extinguir, a exemplo das sociedades

estudadas? Só resta à humanidade esperar o colapso? A propalada sustentabilidade é uma utopia inatingível?

Já foi dito aqui que a humanidade hoje tem a oportunidade inédita de aprender com o passado e assim, refletindo sobre a realidade dos fatos, adotar uma nova economia para o mundo, utilizando-se, entre outros, do conhecimento técnico-científico que jamais teve em qualquer outro tempo. Por fim acrescenta-se um último ingrediente que, acredita-se, ser fundamental: **controle demográfico**. Assim, acredita-se, as respostas às indagações acima serão a da continuidade da humanidade sob uma economia sustentável.

O conhecimento da natureza, da sua própria história, da ciência, da tecnologia e o controle demográfico serão as armas que, juntos com os melhores valores que são exclusivos de seres humanos, vão fazer dos tempos atuais um divisor de águas para uma futura humanidade de solidariedade, cooperação e igualdade que terá a sustentabilidade, no seu conceito mais geral, como parâmetro e a felicidade o seu objetivo.

Esse futuro não está tão longe quanto se poderia pensar. O Butão, pequeno e fechado reino no Himalaia, encravado entre a China ao norte e a Índia, a leste, sul e oeste, vêm de fato inovando na sua concepção desenvolvimentista [35]. Seu rei proclamou a "*felicidade nacional bruta*" como mais fundamental do que o "produto nacional bruto". No seu conceito, a felicidade é essencial para o desenvolvimento nacional e nesse desenvolvimento a conservação da natureza é um ponto da mais profunda importância. Os valores morais e éticos incorporados no coração das estratégias econômicas visam assegurar melhores alimentos, moradias e saúde para seus 710 mil habitantes. Tudo isso tem sido conquistado com aumento e maior proteção da cobertura florestal do país.

Defende-se neste estudo que existe sim futuro para a humanidade. Ela não vai se auto-extinguir como algumas sociedades descritas aqui. A grande incógnita, no entanto, está no processo de transição para a tão sonhada sociedade equânime e sustentável. Sendo este processo levado a cabo de forma determinada, contínua, racional e com espírito de coletividade, então este será o

grande marco, o marco maior da humanidade, a “REVOLUÇÃO DA SUSTENTABILIDADE”.

9- CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Resume-se aqui as principais conclusões resultantes do estudo:

- a maior evidência de que ocorrem mudanças climáticas no planeta diz respeito ao chamado Aquecimento Global;

- o Aquecimento Global acarreta vários fenômenos que, de maneira geral, são indesejáveis, tais como: derretimento das calotas polares, aumento do nível da água nos oceanos, diminuição da quantidade de água potável, desastres naturais de várias ordens, avanço dos desertos e desertificação, extinção de espécies, doenças infecciosas, etc.. Esses fenômenos podem se desdobrar em ações que dizem respeito à segurança das nações;

- vários são os exemplos na história de povos que encontraram o fracasso com as alterações por eles provocadas no ambiente natural, tais como: os habitante da Ilha de Páscoa no Oceano Pacífico; o povo Anasazis e vizinhos nos Estados Unidos; os Maias e os Mochicas na América Latina; os Acádios no Iraque (Mesopotâmia); os Tiwanakus também na América do Sul, povos da Groenlândia Nórdica, da China, etc.;

- práticas agrícolas do passado podem ter iniciado um Aquecimento Global muito antes da Era Industrial (teoria de Ruddiman);

- a inclusão dos pobres do mundo dentro da média das sociedades, tornará ainda mais dramático o que já é um grande problema;

- as sociedades de maior responsabilidade pelo desequilíbrio ambiental são justamente aquelas que ditam as solicitações de consumo e estilo de vida que causam o desequilíbrio ambiental, além de ditar também a estética e a cultura;

- a grande maioria dos países (114 países) estão localizados nas áreas de baixo e médio ISA (Índice de Sustentabilidade Ambiental) e baixo e médio "*FootPrint*";

- apenas 7 países, dentre eles o Brasil, estão na área que se pode chamar de "verde" ou sustentável, segundo os indicadores utilizados;

- 2 países estão numa área que se poderia chamar de "crítica" ou de grave insustentabilidade (alto "*FootPrint*" e baixo ISA). São eles o Kuwait e os Emirados Árabes Unidos, que são países pequenos e ricos do Oriente Médio;

- países com melhor qualidade ambiental (alto e médio ISA) são, de maneira geral, os de melhores indicadores de qualidade de vida;

- US$ 5.000/*capita* parece ser a renda mínima necessária para prover um IDH considerado alto (acima de 0,8) para uma população;

- a corrupção é um fator a ser considerado numa análise das causas de uma certa condição ambiental;

- para melhorar as condições sociais de uma determinada população (IDH) (o que, como visto, melhora também sua situação ambiental (ISA)), deve-se incrementar a renda *per capita* (PIB/*capita*), o que, por sua vez, acarretará um aumento do "*FootPrint*". Essa contradição põe em "cheque" o modelo de economia, que vem sendo imposta desde a Revolução Industrial!

Em relatório recente do IPCC ("*Intergovernmental Panel on Climate Change*") (grupo III) [30] que trata da mitigação do Aquecimento Global através da redução das emissões dos gases de Efeito Estufa, concluiu-se que com investimento de cerca 3% do PIB mundial seria possível encaminhar uma série de ações de mitigação para o problema do Aquecimento Global. Ademais, a humanidade já dispõe de tecnologia para colocar em prática essas ações.

A idéia de que as nações ricas poderiam ajudar os mais pobres não é algo totalmente novo. O economista James Tobin, da Universidade de Yale, ganhador do prêmio Nobel de 1981 [31], formulou a idéia da chamada **Taxa Tobin.** Esse tributo incidiria sobre as movimentações financeiras internacionais de caráter especulativo e teria a finalidade de financiar países pobres do mundo além das prioridades globais. Ainda nesta idéia, recentemente o ex-presidente francês, Jacques Chirac, reviveu a Taxa Tobin (em 2006) sugerindo que os países mais desenvolvidos do mundo criassem um imposto internacional que permitiria arrecadar 50 bilhões de dólares por ano para ajudar os países pobres [32]. Chirac declarou que faz falta *"...explorar sem tabus todos os mecanismos possíveis*".

No que diz respeito ao consumo, existem também ações que, na verdade, fazem parte de um conjunto de transformações que conduzirão a humanidade à sustentabilidade. Mais especificamente, são ações nos campos da: educação, pesquisa científica, rejeitos, política e, como concluído a pouco, também da economia. Ações no campo da geração energética também podem ser incorporadas neste particular uma vez que se trata de descentralização da geração, o que exclui obviamente grandes empreendimentos e consumo de materiais.

Por fim o que se considera o mais importante:

Não obstante ao fato de se reconhecer a grande importância de incisões diretas e objetivas, como as delineadas aqui, estas serão inócuas sem uma efetiva mudança de valores de âmbito social e também pessoal. Ao longo das últimas décadas valores como felicidade, serenidade, harmonia, sensação de segurança, etc., foram direta e paulatinamente associados, de alguma maneira, ao consumo (material ou não) mesmo quando vivenciado o evidente equívoco dessa atitude. Este fato não é, de maneira geral, reconhecido afinal não está presente no que diz a TV, a revista, o "*outdoor*" e tudo mais. A falta destas sensações de satisfação deve-se então, conclui-se erradamente, à própria incompetência! Daí então se segue uma série de desdobramentos, de ordem social e pessoal, que não cabe aqui serem tratados. Neste contexto ressalta-se novamente a importância da **educação**, mas agora na dimensão do seu

conteúdo, o que leva, por sua vez, a ressaltar também e mais uma vez, a importância da **política**, porém agora na dimensão de gestora da sociedade.

ANEXO A- Causas do Aquecimento Global

O sistema climático terrestre responde, como já visto, a vários estímulos internos e externos a Terra e a sua atmosfera, tais como: variações nas concentrações dos chamados gases de Efeito Estufa (CO_2, CH_4, H_2O **(vapor)**, O_3, N_2O, etc.), mecanismos de "feedback" (realimentação), variações na sua órbita em torno do Sol, variações do campo magnético da Terra, erupções vulcânicas e até colisões com meteoros. As causas do aquecimento recente continuam sendo estudadas, mas há um quase consenso quanto à responsabilidade dos gases estufa devido às atividades humanas desde o início da era industrial. Essa atribuição fica mais evidente nas últimas décadas, para as quais estão disponíveis melhores dados.

Nenhuma das causas apontadas produz, no entanto, efeitos instantâneos devido à inércia térmica dos oceanos terrestres e à lenta resposta de outros efeitos indiretos. Simulações climáticas indicam que ainda que os gases estufa se estabilizassem nos níveis do ano 2000, um aquecimento adicional de aproximadamente 0,5 °C ainda ocorreria.

A.1 Gases do Efeito Estufa

O Efeito Estufa foi descoberto há quase 200 anos por Joseph Fourier e investigado quantitativamente pela primeira vez há pouco mais de 100 anos por Svante Arrhenius. Consiste no processo de absorção e re-emissão de **radiação infravermelha** pelos gases atmosféricos, resultando no aquecimento de sua superfície e da atmosfera. Esses gases provocam um *Efeito Estufa* natural, sem o qual a temperatura média da Terra seria cerca de 30°C mais baixa, tornando praticamente impossível a vida tal qual é hoje.

A FIG. A.1 mostra a esquematização do Efeito Estufa.

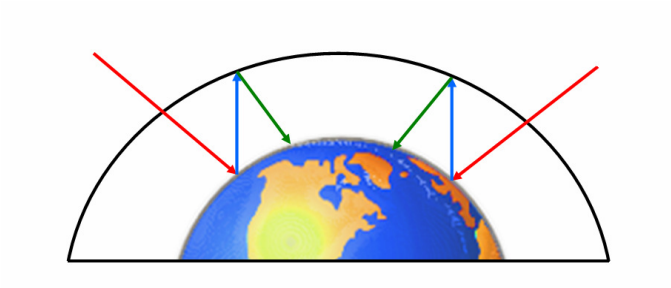


FIGURA A.1 - Esquematização do Efeito Estufa

Os gases que mais contribuem para o Efeito Estufa são, como já vistos, H_2O **(vapor)** que causa de 36 a 70% do efeito (não incluindo nuvens); CO_2 que causa de 9 a 26%; metano (CH_4), causando entre 4 e 9%; e O_3 (ozônio), que causa entre 3 e 7%.

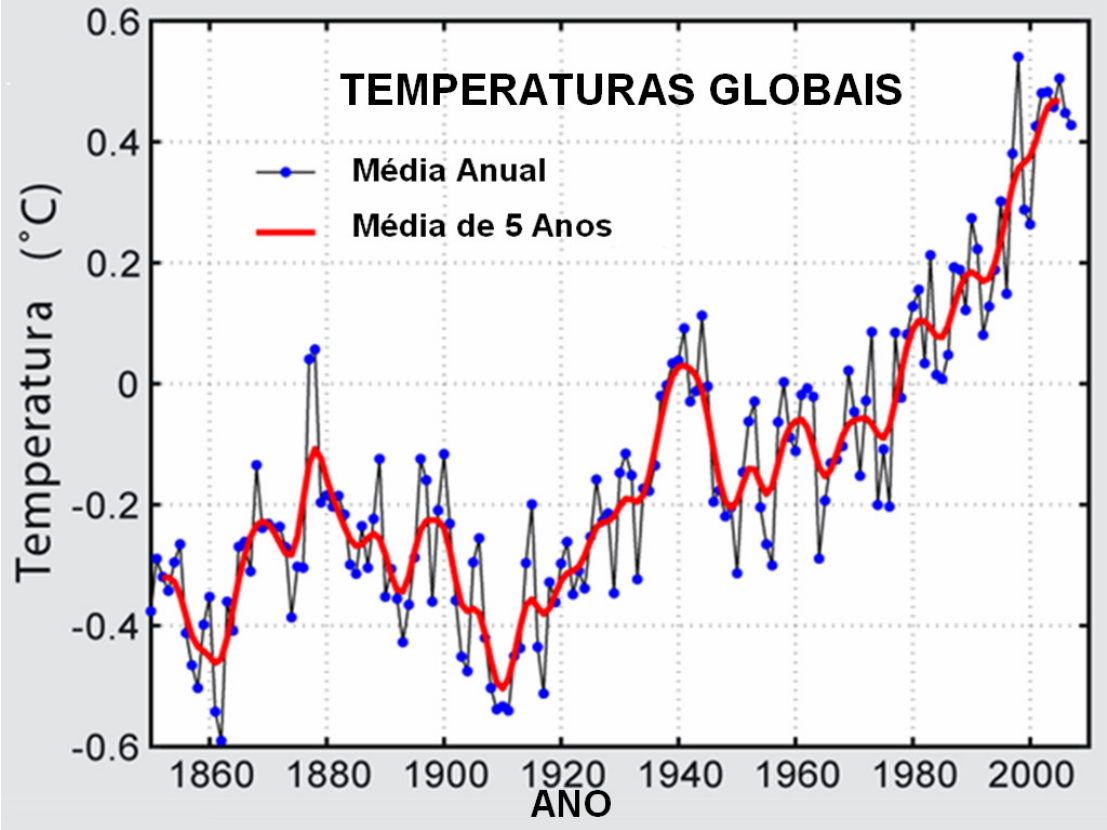
As concentrações de CO_2 e CH_4 aumentaram em 31% e 149%, respectivamente, desde os tempos pré-industriais (~1750). Estes níveis são consideravelmente mais altos do que em qualquer período nos últimos 650.000 anos, o período em que é possível extrair informações confiáveis dos **testemunhos de gelo** (anexo C1). Utilizando-se de evidências geológicas menos diretas, acredita-se que níveis tão altos de CO_2 só estiveram presentes na atmosfera há 20 milhões de anos. Mais de 70% dessas emissões recentes de CO_2 são devidas à queima de combustíveis fósseis, sendo o complemento devido, principalmente, às mudanças do uso da terra.

Segundo o "*Special Report on Emissions Scenarios*" [36], do IPCC, existem vários possíveis cenários para a concentração de CO_2, que vão de 541 a 970 ppm (Partes Por Milhão) para o final desse século. As reservas atuais de combustível fóssil são suficientes, no entanto, para ultrapassar este patamar e estender essas emissões para além de 2100. Efeitos de "*feedback*" (anexo A2) podem causar a liberação de CH_4 adicionais, devido ao derretimento de *permafrost* (~ 70 bilhões de toneladas só na Sibéria ocidental), que podem elevar o Efeito Estufa e que não foi incluída no modelo climático do IPCC.

A TAB. A.1 a seguir resume características dos gases estufa e na seqüência um gráfico (FIG. A.2) que mostra a escalada da temperatura global durante a era industrial.

TABELA A.1 - Gases Estufa principais e suas características

Gás de Efeito Estufa (GHG)	**Contribuição para o Efeito de Estufa**	**Tempo de Vida na Atmosfera**	**Cresci-mento Anual**	**Aumento nos Últimos 100 Anos**
Vapor d'água (H_2O)	não considerado			
Dióxido de carbono (CO_2)	60 %	50-200 anos	0.5 %	25 %
Metano (CH_4)	15 %	10 anos	0.9 %	100 %
Clorofluorcarbono (CFCs)	12 %	60-100 anos	4 %	
Óxido Nitroso (N_2O)	5 %	150 anos	0.3 %	
Ozônio (baixa altitude) (O_3)	8 %	semanas	0.5-2.0 %	



Fonte: IPCC

FIGURA A.2 - Variações das temperaturas globais durante a Era Industria

A.2 "Feedbacks"

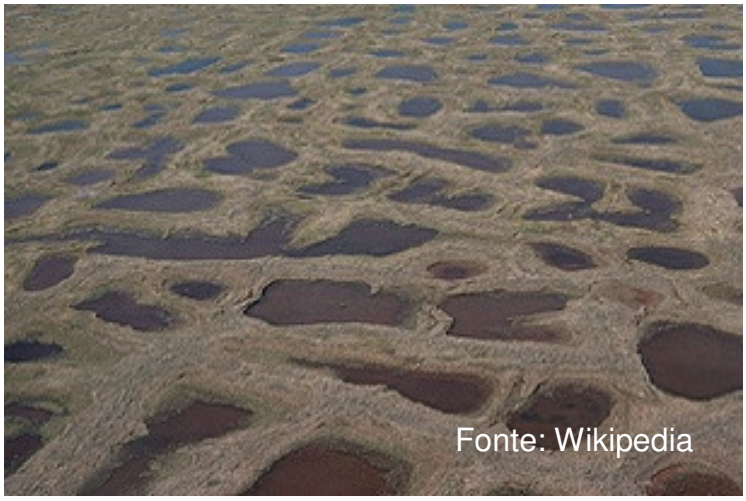
Quando efeitos externos ativam mecanismos que auto-alimentam um processo, esses são chamados de efeito de "f*eedbacks"*. Com relação ao clima, um bom exemplo desse efeito diz respeito a evaporação da água. O CO_2 emitido por alguma atividade provoca o aquecimento da atmosfera que leva, por sua vez, a mais evaporação de água, e sendo o vapor d'água considerado também um gás estufa, isso leva a mais aquecimento, o que por sua vez provoca mais evaporação de água, e assim por diante, até ser alcançado um novo equilíbrio dinâmico, com aumento da concentração de vapor d'água, levando a um aumento no Efeito Estufa maior do que aquele devido apenas ao aumento da concentração de CO_2.

Um efeito "*feedback*" relevante considera a taxa de aumento de CO_2 na atmosfera que eleva a temperatura da Terra e provoca o derretimento do gelo

próximo aos pólos. Esse derretimento leva a terra ou o mar a ocuparem o lugar do gelo. Ambos são, em média, menos reflexivos que o gelo, e, portanto, absorvem mais radiação solar. Isso causa ainda mais aquecimento, gerando mais derretimento de gelo, continuando o ciclo. Outro "*feedback*" positivo (pró-aquecimento) diz respeito à liberação de CO_2 e CH_4 com o derretimento do "*permafrost"* (o tipo de solo encontrado na região do Ártico constituído por terra, água e rochas permanentemente congelados) (FIG. A.3 e FIG. A.4). Além disso, a liberação de metano devido ao descongelamento de fundos oceânicos é mais um mecanismo a ser considerado. A capacidade oceânica de absorção de carbono diminui com o aquecimento, porque os baixos níveis de nutrientes limitam o crescimento de algas, favorecendo o desenvolvimento de espécies que não são tão boas absorvedoras de carbono.

Fonte: IPCC

FIGURA A.3 - Zonas de "*Permafrost*" concentram-se no Hemisfério Norte (Oceano Ártico)



Fonte: Wikipédia, 2006

FIGURA A.4 - Vista de área de "*Permafrost*"

O artigo, reproduzido a seguir, mostra o quanto importante esse efeito de "*feedback*" pode ser com relação ao clima. Situações inimagináveis podem ocorrer evidenciando a fragilidade desse sistema do qual os humanos são totalmente dependentes.

"*Ataque de besouro transforma floresta em fonte de gás carbônico*"

Folha de S.Paulo - 24/04/2008

"Pode um besouro menor que um grão de arroz ajudar a alterar o clima do planeta? Cientistas canadenses dizem que sim. Eles afirmam que uma única infestação de um tipo de besouro está transformando as florestas da região noroeste do país em grandes emissoras de gás carbônico, o principal gás de Efeito Estufa.

O grupo liderado por Werner Kurz, do Serviço Florestal Canadense, calculou pela primeira vez o impacto da praga do besouro-do-pinheiro (Dendroctonus ponderosae) sobre as emissões das florestas de coníferas da Colúmbia Britânica.

Os pesquisadores descobriram que até 2020 as árvores mortas pelo bichinho numa epidemia ocorrida em 2006 terão emitido 270 milhões de toneladas de CO_2. Esse volume corresponde quase ao total de emissões do Brasil em um ano (excluindo o desmatamento) e ao total que o Canadá teria de cortar até 2012 para cumprir sua meta no Protocolo de Kyoto.

O problema, dizem Kurz e seus colegas, é que até agora as extensas florestas de coníferas canadenses eram consideradas "ralos", e não fontes, de gás carbônico: estudos anteriores mostravam que elas seqüestravam 600 mil toneladas desse gás-estufa por ano.

Em seu estudo, publicado nesta quinta-feira na revista "Nature", o grupo afirma que se trata de um caso daquilo que os cientistas chamam de "feedback positivo": um efeito do aquecimento global que, por sua vez, faz aumentar as emissões, que pioram o clima ainda mais.

Isso porque o besourinho tem sido favorecido pelas temperaturas cada vez mais altas daquela região nas últimas décadas - atribuídas ao aquecimento global. Antes limitado em seu habitat pelo frio e pelas secas no verão, agora ele encontra a situação inversa. Em 2006, a área infestada foi de 130 mil quilômetros quadrados - dez vezes mais que o maior surto até então registrado.

O besouro deposita seus ovos sob a casca do pinheiro, apodrecendo a árvore. A decomposição libera CO_2 na atmosfera.

"Muitos outros insetos afetam ciclo de carbono", disse Kurz à agência de notícias Associated Press. Se eventos como esse ocorrem em outras regiões do planeta, eles realmente têm de ser contabilizados".

A.3 Ciclos de Milankovitch

Em 1920, o engenheiro e matemático sérvio Milutin Milankovitch publicou sua teoria segundo a qual a radiação solar produz alterações climáticas na Terra [37] em função de outros astros. Os cálculos realizados por ele não só foram relativos à Terra mas também para Venus e Marte, o que é um fato notável.

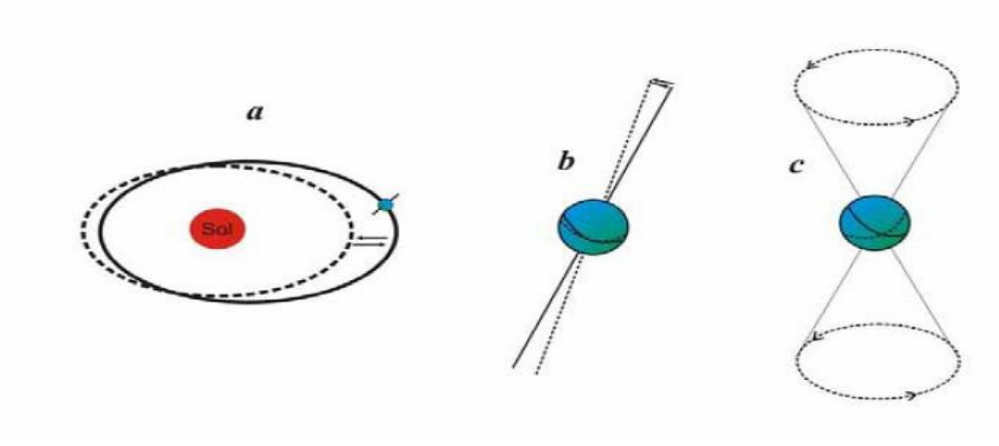
Devido às influências gravitacionais de outros planetas do sistema solar, parâmetros astronômicos do movimento terrestre no espaço vão se modificando ciclicamente ao longo do tempo. Esses parâmetros são:

1- **Excentricidade da órbita**: - Diz respeito ao fato de que a órbita da Terra em torno do Sol não ser exatamente um círculo, ou seja, sua forma é ligeiramente elíptica. Esse fato produz ciclos com período de aproximadamente 100 mil anos.

2- **Obliqüidade do eixo**: - Diz respeito à obliqüidade entre os eixos de rotação e translação da Terra. Essa variável produz ciclos de aproximadamente 41 mil anos.

3- **Precessão dos equinócios**: - Diz respeito à precessão do eixo de rotação da Terra, com implicações entre o instante dos equinócios e dos solstícios relativamente ao instante de maior ou menor distância da Terra ao Sol. Produz ciclos da ordem de 22 mil anos.

A FIG. A.5 ilustra de forma simplificada os Ciclos de Milankovitch.



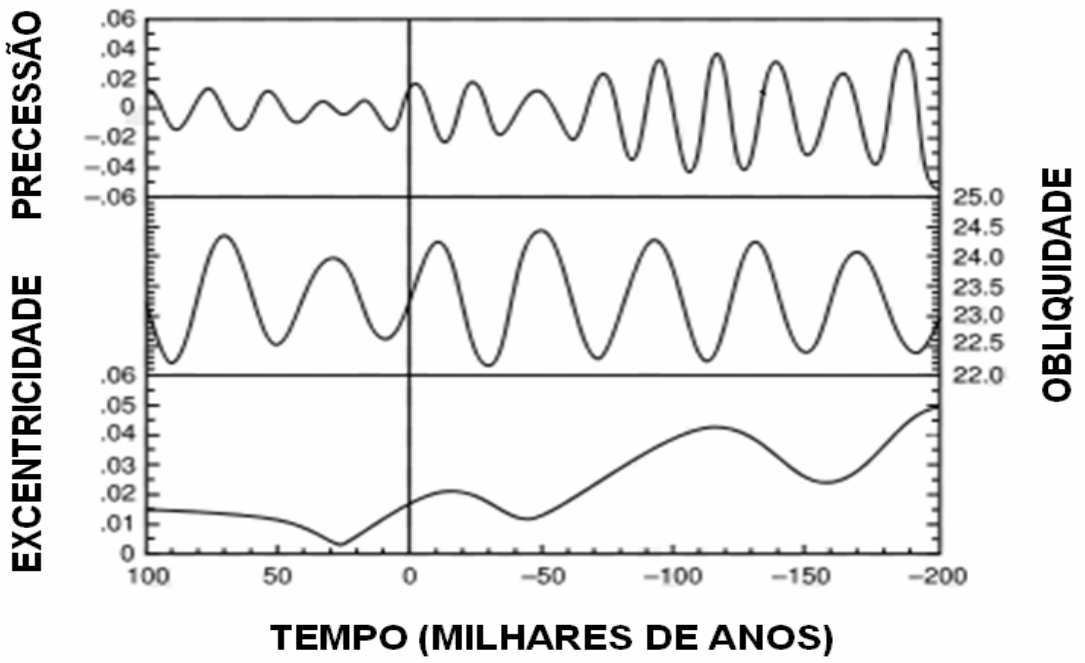
Fonte: De Boer & Smith, 1994

FIGURA A.5 - Ciclos de Milankovitch: a) Excentricidade; b) Obliqüidade e c) Precessão

A combinação dos três ciclos de variação destes parâmetros, com as suas diferentes periodicidades e intensidades, produz variações complexas entre a quantidade de radiação solar recebida pela Terra em cada latitude e em cada estação do ano.

Milankovitch assume que a energia solar incidente globalmente na Terra durante um ano inteiro é sempre a mesma, exceto nas mudanças de excentricidade em que admite um pequeno desvio.

A variação importante reside na diferente repartição sazonal da energia em cada hemisfério, ao mesmo tempo em que vão variando as características da órbita ao longo dos anos. Vale observar que cada um dos três ciclos de Milankovitch pode, independentemente, provocar efeitos climáticos diferentes em cada latitude do planeta. A FIG. A.6 mostra esses ciclos em um intervalo de 300.000 anos.



Fonte: Modificado de Imbrie & Imbrie, 1980

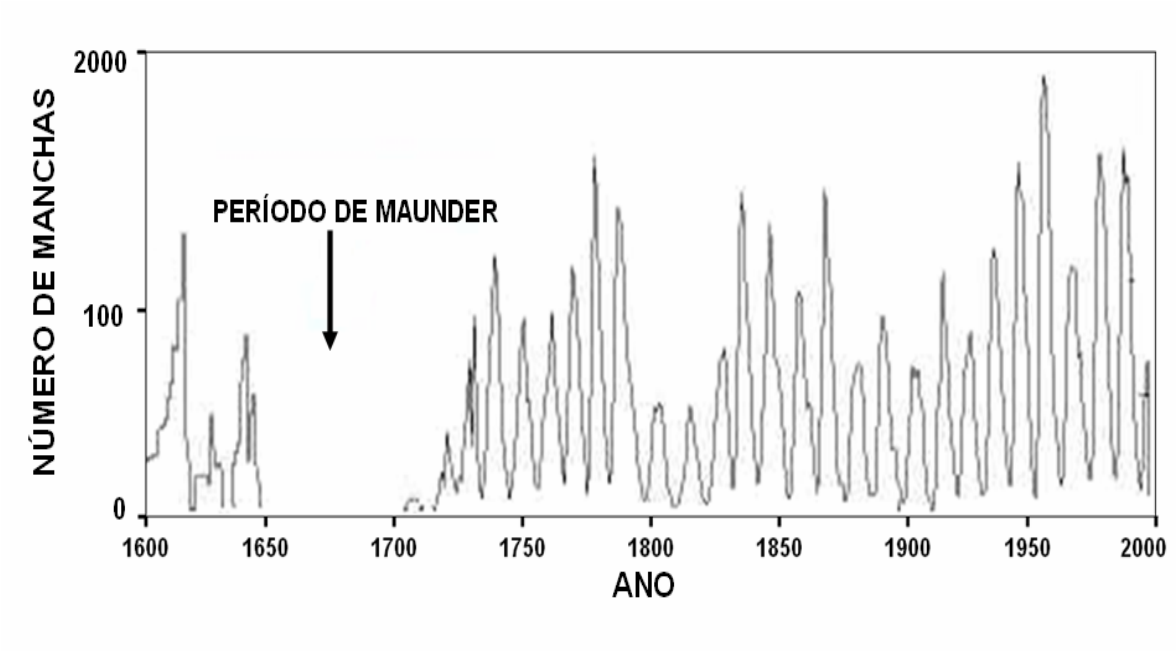
FIGURA A.6 - Oscilações dos Ciclos de Milankovitch.(Excentricidade, Obliqüidade e Precessão)

A.4 Ciclos de atividade Solar

O Sol passa por variações cíclicas (também conhecido como **Ciclo Solar de Schwabe**) [38] em suas emissões de radiação. Estes ciclos ocorrem em aproximadamente 11 anos, cuja razão ainda não foi bem explicada pelos cientistas, e podem assumir valores máximos ou mínimos, causando várias alterações no clima na Terra. Por convenção, os ciclos são numerados a partir do ano de 1755.

Durante os períodos de atividade solar intensa, o Sol costuma lançar quantidades enormes de matéria no espaço. São fluxos de gases excitados que saem do Sol e podem atingir a Terra com velocidades superiores a 500 quilômetros por segundo. É o chamado "vento solar”. Além desse material, as erupções solares emitem raios-X e radiação ultravioleta que aquecem as camadas superiores da atmosfera terrestre.

A FIG. A.7 mostra os ciclos solares durante os últimos 400 anos.

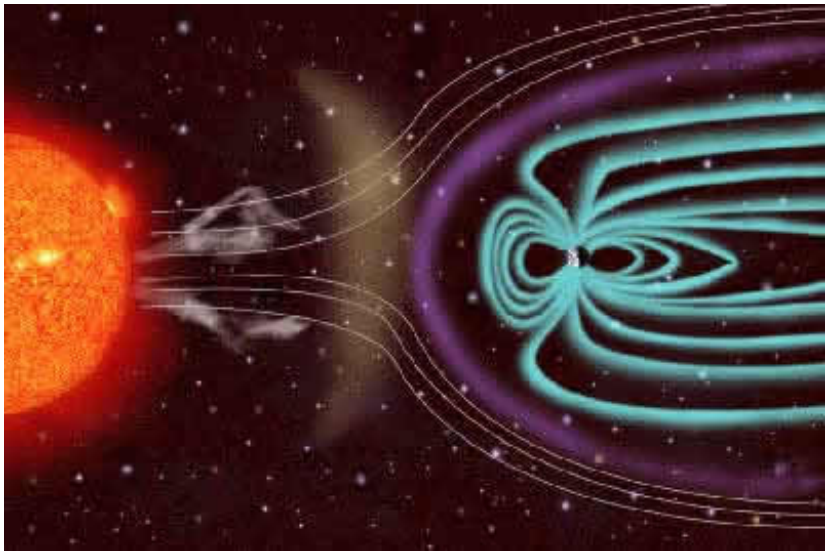


Fonte: Adaptado de Apollo 11, 2008

FIGURA A.7 - Ciclos Solares ou Ciclos Solares de Schwabe

A.5 Variações Magnéticas da Terra

As variações magnéticas da Terra ocorrem devido à “resposta” do núcleo da Terra (condutor, formado de Ferro e Níquel) ao efeito magnético das emissões solares de alta energia. Esta “resposta” tenta reproduzir o campo gerado pela radiação solar e apresenta diversas irregularidades. Essa “atmosfera magnética” (magnetosfera) protege a superfície da Terra das partículas carregadas do vento solar (emissão contínua de partículas carregadas provenientes do Sol). Ela é comprimida no lado do Sol devido à força das partículas incidentes, e alongada do lado oposto (vide FIG A.8 a seguir). Durante os eventos de inversão, podem ocorrer mudanças climáticas acentuadas devido à variação da localização dos pólos, que é por onde grande parte das emissões solares penetra. Estas mudanças, normalmente, são devido ao aquecimento diferenciado das regiões que estão sob o efeito das emissões.



Fonte: NASA/JPL, 1996

FIGURA A.8 - Ilustração da Magnetosfera e do Vento Solar

A.6 Colisões de Meteoros e Erupções Vulcânicas

Os meteoros são rochas compostas de minerais e gelo que vagam pelo universo. Quando atraídas pelo campo gravitacional da Terra, podem entrar na atmosfera sendo, grande parte delas, destruídas graças ao atrito com os gases gerando um aquecimento próximo a 5000 °C. Porém algumas rochas maiores conseguem atingir a superfície terrestre com um impacto tão violento que uma nuvem de metais e poeira se forma na atmosfera, impedindo a entrada de radiação solar. De forma análoga, os vulcões, que se formam nas zonas de falhas das placas tectônicas, lançam magma (metais fundidos) e junto, poeira, cinzas e partículas densas de fuligem, também ocasionando o bloqueio dos raios solares, efeito chamado de Escurecimento Global. Dependendo da magnitude desses eventos, efeitos climáticos podem ser observados, como o que ocorreu em 1991 quando a erupção do vulcão Pinatubo (Filipinas). Os efeitos da erupção foram sentidos em todo o globo. Foram emitidas grandes quantidades de aerossóis (conjunto de partículas suspensas num gás), mais do que todas as erupções desde o Krakatoa em 1883. Os aerossóis formaram uma camada de névoa de ácido sulfúrico durante vários meses. As temperaturas globais desceram em aproximadamente 0,5°C, e a destruição do ozônio foram substanciais. As FIG. A.9

e A.10 a seguir mostram uma fotografia dessa explosão e do impacto de meteoro respectivamente.

Fonte Alipalo/UNEP/Topham

FIGURA A.9 - Ilustração da explosão do vulcão Pinatubo, em 1991, nas Filipinas

Fonte: Stockphoto

FIGURA A.10 - Ilustração do impacto de meteoro

Em recente artigo publicado no jornal Folha de São Paulo (22/12/2008) [39], pesquisadores do Observatório da Terra em Palisades (EUA) relacionaram, por meio de análises matemáticas, períodos de fortes atividades vulcânicas com a queda das temperaturas da superfície oceânica (até 1 metro de profundidade). Concluíram que, ao longo dos últimos 450 anos, a região dos trópicos está sendo sistematicamente resfriada por erupções vulcânicas. Mas durante o século 20, diz o estudo, o Aquecimento Global acabou enfraquecendo essa relação inversa entre erupção vulcânica e temperatura dos oceanos tropicais.

ANEXO B- Principais Animais Extintos/Extinção

B.1 Animais Extintos

Nome do Animal	Época da Extinção	Visto pela última vez
Águia de Haast	- século XVI	- Nova Zelândia
Auroque	- século XVII	- Polônia
Pássaro Dodo	- 1693	- Ilhas Maurício
Dugongo de Steller	- 1768	- Alasca
Leão do Cabo	- 1865	- África do Sul
Palanca azul	- século XIX	- África
Pato do Labrador	- século XX	- Canadá
Periquito da Carolina	- século XX	- EUA
Quagga	- 1883	- África do Sul
Lobo de Ezo	- 1889	- Norte do Japão
Raposa das Falkland	- 1876	- Ilhas Malvinas
Tarpan	- século XIX	- Polônia
Urso do Atlas	- 1844	- Norte da África
Vison Marinho	- 1894	- Canadá
Urso de Kamchatka	- 1920	- Sibéria

Onça do Arizona	- 1905	- sul dos EUA
Caribu anão	- 1908	- Norte do Canadá
Lobo de Honshu	- 1905	- Japão
Wapiti de Merriam	- 1906	- oeste dos EUA
Pombo passageiro	- 1914	- América do Norte
Leão do Atlas	- 1922	- Norte da África
Bisão Caucasiano	- 1927	- Montes Cáucaso
Galinha do Mato	- 1932	- Nordeste dos EUA
Tigre da Tasmânia	- 1936	- Ásia
Tigre de Bali	- 1937	- Ilha de Bali
Cervo de Schomburgk	- 1938	- Tailândia
Avestruz Árabe	- 1942	- Oriente Médio
Rã Pintada da Palestina	- 1955	- Palestina
Tigre do Cáspio	- 1980	- Cáucaso
Tigre de Java	- 1988	- Ilha de Java
Ibex dos Pirineus	- 2000	- Espanha/ França.

B.2 Animais em Extinção

B.2.1 Mamíferos Ameaçados

Antílope-tibetano (Pantholops hodgsonii)

Elefante-indiano (Elephas maximus)

Elefante-da-floresta (Loxodonta cyclotis)

Elefante-da-savana (Loxodonta africana)

Baleia-azul (Balaenoptera musculus)

Chimpanzé (Pan troglodytes)

Gorila-do-ocidente (Gorilla gorilla)

Gorila-do-oriente (Gorilla beringei)

Leopardo (Panthera pardus)

Lobo-vermelho (Canis rufus)

Morcego-cinza (Myotis grisescens)

Muriqui (Brachyteles arachnoides)

Orangotango (Pongo pygmaeus e Pongo abelii)

Panda-gigante (Ailuropoda melanoleuca)

Peixe-boi (Trichechus manatus)

Rinoceronte-de-Sumatra (Dicerorhinus sumatrensis)

Tigre (Panthera tigris)

Onça-Pintada

Urso-polar (Ursus maritimus)

Veado (Elaphurus davidianus)

B.2.2 - Aves Ameaçadas

Arara-azul-de-lear

Arara-azul-grande

Arara-azul-pequena

Ararinha-azul

Araracanga ou Arara-piranga

Arara-de-barriga-amarela

Arara-vermelha

Bacurau-de-rabo-branco

Bicudo-verdadeiro

Cardeal-da-Amazônia

Maracanã

Papagaio

Rolinha

Tucano-de-bico-preto

B.2.3 - Répteis Ameaçados

Tartaruga-marinha

Tartaruga-de-couro

Dragão-de-Komodo

Jacaré-de-papo-amarelo

B.2.4 - Peixes Ameaçados

Tubarão-baleia (Rhincodon typus)

B.2.5 - Crustáceos Ameaçados

Caranguejo-amarelo (Gecarcinus lagostoma)

B.2.6 - Artrópodes Ameaçados

Borboleta-da-Restinga (Parides ascanius)

ANEXO C- Linha do tempo

Estima-se que o planeta Terra tenha cerca de 4 bilhões e 600 milhões de anos. Segundo a ciência, existe vida na Terra há aproximadamente 3,5 bilhões de anos, logo após o seu resfriamento. O surgimento do *Homo sapiens* foi então um evento muito recente (entre 1,3 a $2{,}0.10^5$ anos atrás). Para se ter uma boa idéia da escala de tempo, se existisse vida há 10 dias, o homem teria aparecido no último minuto na África, há um segundo ($4{,}0\ 10^4$ anos atrás) na Eurásia e Oceania, e apenas há 1/4 de segundo ($1{,}0\ 10^4$ anos atrás) nas Américas.

Das origens do homem até 4000 anos a.C., é a chamada **Pré-História**, que corresponde ao período que antecede a invenção da escrita (evento que marca o começo dos tempos históricos registrados). Também pode ser contextualizada para um determinado povo ou nação como o período da história desse povo ou nação sobre o qual não haja documentos escritos (capítulo 5).

O período entre 4000 a.C. até 476 d.C. é a chamada **Antiguidade**, ou **Idade Antiga** que durou até a queda do Império Romano do Ocidente.

Diversos povos tiveram seu desenvolvimento nesse período, tais como: Egípcios, Mesopotâmios, Chineses, Gregos, Romanos, Persas, Hebreus, Fenícios, além dos Celtas, Etruscos, Eslavos e os chamados povos germânicos como os Visigodos, Ostrogodos, Anglos, Saxões, etc.

A Antiguidade foi uma era importantíssima, pois nessa época se formaram os Estados organizados com certo grau de nacionalidade e territórios e organizações mais complexas que as cidades encontradas antes desse período da história.

Na seqüência vem a **Idade Média** ou **Idade Medieval** entre os anos de 476 à 1453 d.C.. O marco final, historicamente, foi a tomada pelos Turcos otomanos da capital do Império Romano do Oriente, a cidade de Constantinopla.

Esta é uma periodização global, porém o período medieval é um evento estritamente europeu.

De 1453 até o término da Revolução Francesa, em 1789, é a chamada **Idade Moderna**. Esse período se destaca dos demais por ter sido um período de transição por excelência.

A época moderna pode ser considerada, exatamente, como uma época de "revolução social" cuja base consiste na "substituição do modo de produção feudal pelo modo de produção capitalista". Pode ser considerada também como o início da **Revolução Industrial**, que marcou também o início da **Idade Contemporânea** que se vive atualmente e que é, para muitos - como já visto, o início dos problemas ambientais sofrido pelo homem atualmente.

A FIG. C.1 mostra a linha do tempo com alguns eventos marcantes.

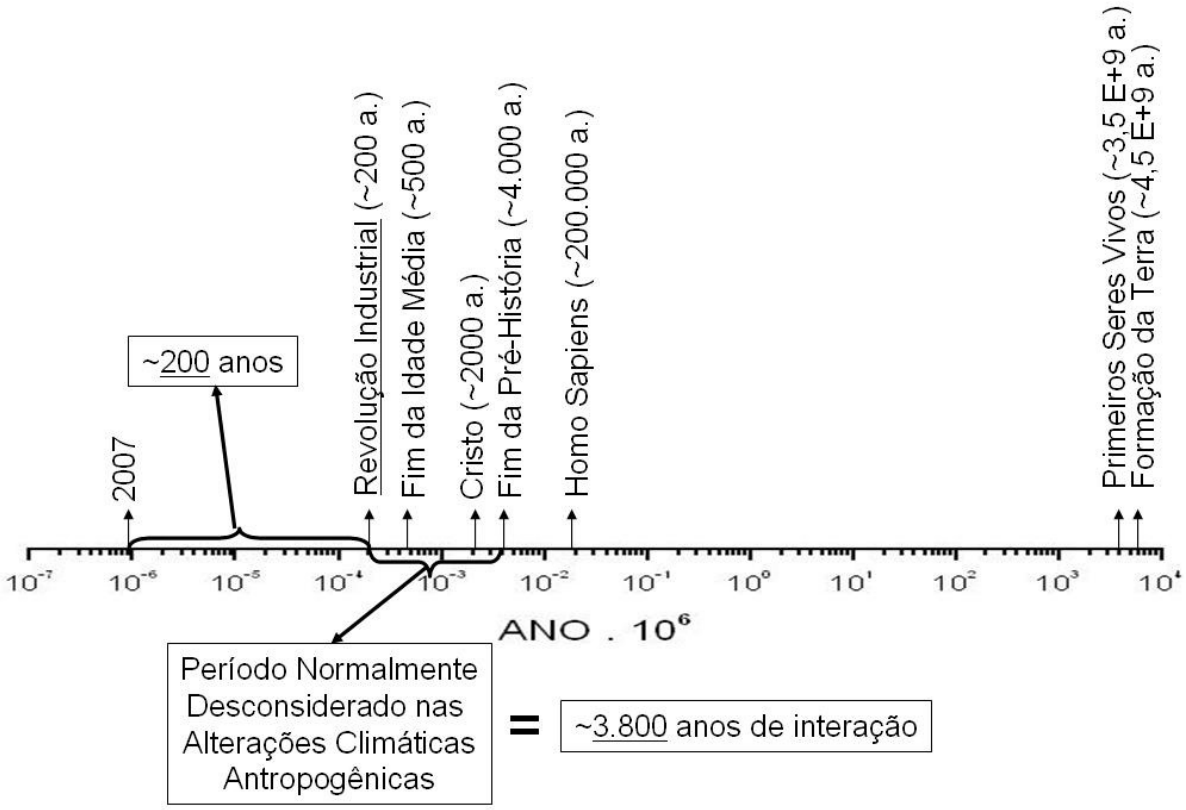


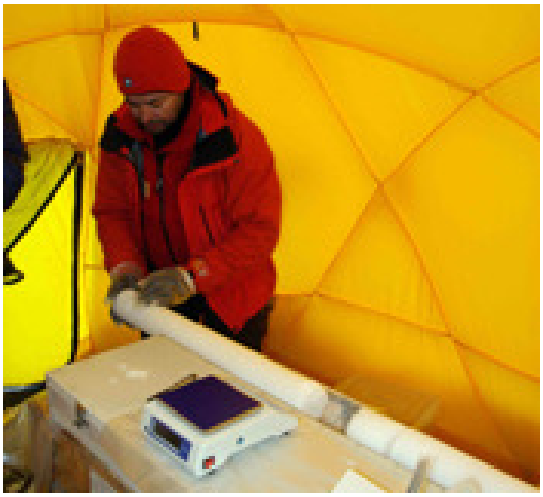
FIGURA C.1 - Linha do tempo com alguns eventos marcantes

ANEXO D- Técnicas de determinação do clima no passado

Para se determinar o clima em eras passadas, pela não existência de observações meteorológicas diretas, os paleoclimatólogos se utilizam de várias técnicas onde as mais utilizadas são os estudos de: geleiras, árvores petrificadas, sedimentos e rochas, corais e datação radiométrica.

D.1 Estudo de geleiras

Esta técnica é feita através das diversas camadas de gelo que vão se depositando, de acordo com a era em que foi formada (as mais recentes vão cobrindo as mais antigas). Essas amostras são conhecidas com o nome de **testemunhos de gelo**. Estima-se que as calotas polares possuem mais de 100.000 camadas, nas quais se encontraram pólen, o que é útil para estimar a cobertura vegetal em determinada época. A espessura da camada pode ajudar a determinar a quantidade de chuvas, além de conter diferentes isótopos de Oxigênio e Hidrogênio que são formas variantes desses elementos químicos que se diferenciam apenas pelo peso atômico. Por variarem conforme a temperatura das nuvens, a temporada da precipitação e a quantidade de água que evapora do solo e das plantas, permitem a averiguar as mudanças nas condições climáticas ocorridas em determinada época. A FIG. D.1 ilustra o testemunho de gelo.



Fonte: FAPESP, 2008

FIGURA D.1 - Ilustração de testemunho de gelo

D.2 Estudo de árvores petrificadas

O estudo de árvores petrificadas para determinação do clima do passado tem o nome de **dendroclimatologia**. Mediante datação radiométrica, que utiliza o tempo de vida média dos átomos que constituem o material, determina-se, embora com uma margem de erro de cerca de 200 anos, em média, o período em que esta árvore viveu. A FIG. D.2 [40] ilustra esta técnica.

É sabido que as árvores, no decorrer da sua vida, aumentam gradualmente o seu diâmetro acrescentando um anel de crescimento claramente separado para cada ano. Com um corte transversal é então possível, pela contagem dos anéis, calcular a idade da árvore. Com um estudo mais detalhado dos anéis de crescimento, é possível obter informações sobre clima ano após ano. Por exemplo, se o ano foi mais quente o anel é mais espesso, ao contrário, se o ano foi mais frio, o anel é menos espesso. De modo semelhante pode-se concluir quanto ao ano ter sido mais ou menos chuvoso.

A comparação entre locais diferentes permitiu aos cientistas conhecer a tendência global do clima na Terra, durante o período a partir do fim da última era glacial (cerca de 10.000 anos atrás) até hoje. A técnica é largamente utilizada principalmente em latitudes temperadas. O clima das regiões tropicais prejudica conclusões sobre estas regiões.

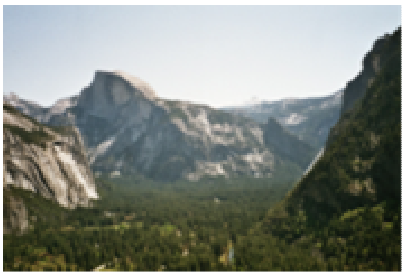
Fonte: Meteo Giornale, 2005

FIGURA D.2 - Ilustração de um tronco de árvore petrificada e seus anéis

D.3 Estudo de sedimentos e rochas

A análise de sedimentos e rochas possibilita o estudo das características de: vegetação, existência ou não de vida e também da temperatura de uma determinada região. Existem, basicamente, 3 tipos de rochas:

-Magmáticas- são originadas a partir da consolidação do magma, sendo que através de sua textura pode-se determinar as condições geológicas em que estas rochas se formaram. Essas rochas indicam a existência de vulcões na vizinhança. Através do conhecimento de sua textura, consegue-se determinar o tamanho e a disposição dos minerais que compõem a rocha.



Fonte: Wikipédia, 2005

FIGURA D.3 - Ilustração de rochas magmáticas

Sedimentares- são formadas a partir de mudanças ocorridas em outras rochas. Chuva vento, água dos rios, ondas do mar: tudo isso vai, aos poucos, fragmentando as rochas em grãos de minerais que, ao longo de milhares de anos, se transforma em pequenos fragmentos. Esse processo é chamado de intemperismo. Indicam uma região de falhas e que esta é uma região de formação antiga, que sofreu diversas alterações no clima (FIG. D.4).

Fonte: Wikipédia, 2005

FIGURA D.4 - Ilustração de rochas sedimentares

Metamórficas- são formadas por alterações na composição das duas anteriores levada a um ambiente onde as condições físicas (pressão, temperatura) são muito distintas daquelas onde a rocha se formou, podendo indicar períodos quentes ou frios. Nestes ambientes, os minerais podem se tornar instáveis e reagir formando outros minerais mais estáveis. Como os minerais são estáveis em campos definidos de pressão e temperatura, a identificação de minerais das rochas metamórficas permite reconhecer as condições físicas em que ocorreu o metamorfismo. Vários são os exemplos de rochas metamórficas: mármore, ardósia, gnaisse, pedra-sabão, micaxisto, xisto, xisto verde, xisto azul, filádio, itabirito e quartzite (FIG. D.5).

Fonte: Wikipédia, 2005

FIGURA D.5 - Ilustração de quartzite (rocha metamórfica)

Os sedimentos e rochas também são indicadoras de atividade erosiva, pois a erosão também forma rochas Metamórficas, sem necessariamente variar temperatura ou pressão local. As camadas das rochas metamórficas demoram de milhares a milhões de anos para se sobreporem, formando, portanto, uma fonte de dados de períodos muito distantes, já que as rochas sedimentadas se preservam ao longo do tempo.

D.4 Estudos de corais

A análise de corais e recifes permite determinar as variações dos oceanos ao longo do tempo. De acordo com as características dos corais e recifes, pode-se avaliar a temperatura da água, assim como sua evolução, uma vez que estes têm indicadores naturais, como a perda de sua coloração natural. Na FIG.D.6 vemos a foto de uma barreira de coral.

Fonte: Wikipédia, 2006

FIGURA D.6 - Detalhes da estrutura de coral

D.5 Datação radiométrica

A **radioatividade** é um fenômeno físico, que pode ser natural ou artificial, pelo qual algumas substâncias ou elementos químicos emitem radiações, as quais têm a propriedade de impressionar placas fotográficas, ionizar gases, produzir fluorescência, atravessar corpos opacos, etc. As radiações emitidas pelas substâncias radioativas são principalmente partículas alfa (núcleo de hélio), partículas beta (elétrons) e raios gama (ondas eletromagnéticas). Quando uma substância ou elemento radioativo se desintegra, os produtos formados podem ser instáveis, desintegrando-se posteriormente também até encontrar um equilíbrio. A essa seqüência de transformações dá o nome de decaimento-radioativo.

Meia-vida ou **Período de Semidesintegração (τ)** (FIG. D.7) de um material radioativo é o tempo necessário para desintegrar a metade da sua massa, que pode ocorrer em segundos ou em bilhões de anos dependendo do material. A **datação radiométrica** se vale dessa propriedade para o cálculo da idade absoluta de uma rocha ou de um mineral que contém certas substâncias ou

elementos radioativos. No gráfico da FIG.D.7 é mostrado o decaimento do isótopo 14 do elemento carbono.

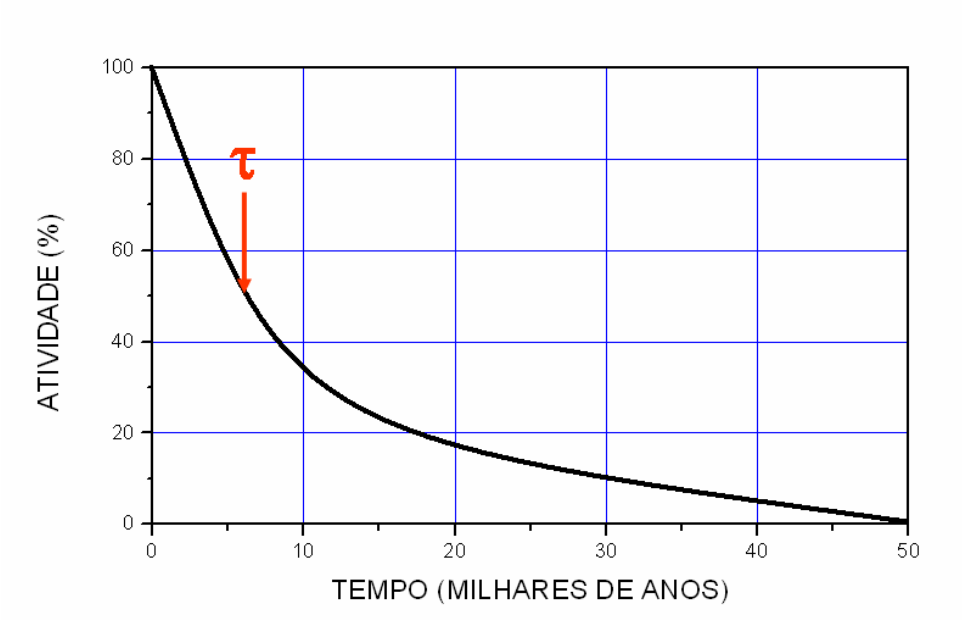


FIGURA D.7 - Decaimento radioativo do C-14 (aproximado)

Verifica-se, por exemplo, que 1 (um) grama de carbono retirada de uma amostra emite, em média, 13,6 contagens por minuto, devida ao isótopo 14. Se outra amostra, tirada de um material, só dá 6,8 contagens por minuto, então se conclui de imediato que se passaram uma meia-vida (τ) entre as duas amostras, ou seja, 5770 anos.

Como a atividade normal do carbono-14 é muito fraca e vai logicamente diminuindo com o tempo, o método só é confiável para tempos equivalentes a, no máximo, umas 10 meias-vidas, ou seja, para medidas até uns 50.000 anos. Além disso, o carbono é um elemento encontrado basicamente em materiais orgânicos. Para tempos maiores e materiais inorgânicos, pode-se utilizar, por exemplo, o isótopo 238 do elemento urânio.

O Urânio-238 desintegra-se formando Chumbo-206. Com isto, basta medir a relação Chumbo/Urânio para saber, com relativa precisão a idade do material. Como a meia-vida desse elemento é $4{,}5x10^9$ anos, então esse é o tempo necessário para a relação chumbo/urânio ser igual a 1.

Outra forma de datação que se utiliza de isótopos e que foi recentemente usada na China, diz respeito ao elemento químico oxigênio. A concentração de dois isótopos de oxigênio em estalagmite (formações que crescem desde o chão de cavernas ou grutas, que são formadas pela deposição de carbonato de cálcio através da água de gotejamento) varia de acordo com o clima (mais seco ou mais úmido). Como o carbonato de cálcio é depositado em camadas, com o tempo, é possível saber, ao se analisar sua composição, como períodos de estiagem e de chuvas se sucederam ao longo da história.

Além das técnicas apresentadas, outras secundárias existem como:

Estudo de Pólen, em que se verificam quais plantas habitavam um lugar em determinada época. Por não ser um estudo exato, já que o pólen pode ser levado através do ar para outras regiões, deve ser utilizado conjuntamente com outro tipo de análise e

Palinologia, que é o estudo dos fósseis de animais (Paleozoologia) e dos fósseis de plantas (Paleobotânica).

ANEXO E- Índices Utilizados no Trabalho

Definição de Índice

Segundo o dicionário da língua portuguesa **Novo Aurélio** [41], índice é "*valor obtido através de uma série de observações e utilizado como indicador de freqüência ou nível de uma realidade quantificável*".

Nas últimas décadas, vários indicadores e índices foram criados com o intuito de explicar a relação do ser humano com a economia, sociedade e meio ambiente. Devido à relativa complexidade da elaboração de um índice, há a possibilidade de má interpretação de resultados. Assim os índices devem ser apresentados juntamente com um relatório onde constem além da metodologia, os dados utilizados. Isso possibilitará uma maior confiabilidade a esses índices.

Os índices que este trabalho utiliza foram elaborados por instituições de relevância mundial.

E.1 Pegada Ecológica ("*FootPrint*")

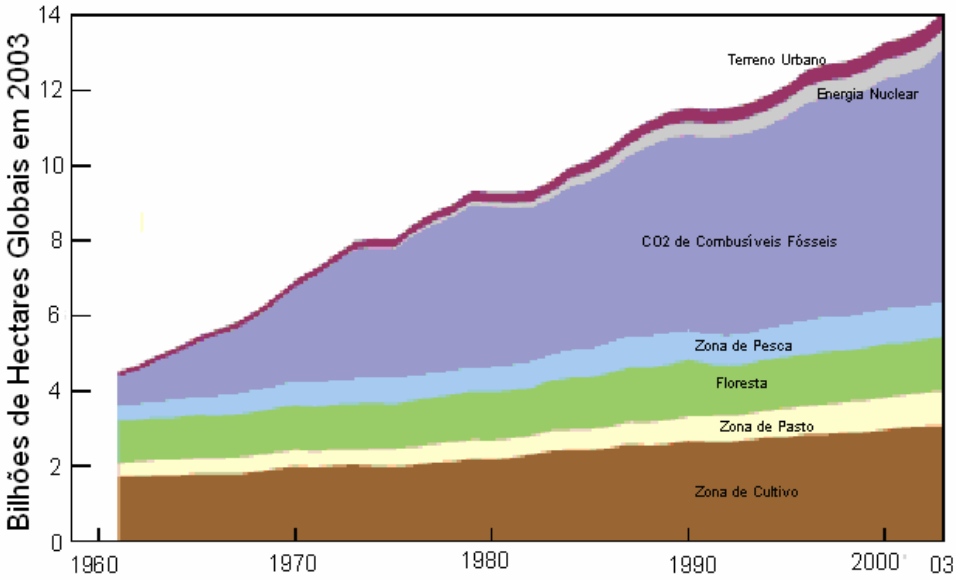
Seus criadores, Mathis Wackernagel e Willian Rees [25], são professores e pesquisadores do "*UBC's Healthy and Sustainable Comununities Task Force*" e tinham a intenção de responder à seguinte questão: *"...quanto o homem realmente esta usando de natureza?"*

Como já definido no Capítulo 7, Pegada Ecológica á a área total necessária para produzir alimentos, energia e insumos e também eliminar a poluição de cada ser humano de maneira sustentável. Dentre os componentes da Pegada Ecológica, a energia é a maior e a que cresce mais rapidamente. O ciclo da energia é também, dentre todas as demais atividades humanas, a que mais contribui com os grandes problemas ambientais globais (Efeito Estufa, Chuva Ácida e Mudanças Climáticas) devidos, principalmente, as emissões de CO_2.

As emissões de CO_2 estão crescendo e, segundo todas as previsões, vai continuar a crescer pelo menos nas próximas décadas. As concentrações de CO_2, junto com outros gases estufa que tem origem na combustão de hidrocarbonetos, estão, segundo a maioria dos cientistas que estudam esses fenômenos, diretamente relacionadas ao Aquecimento Global e mudanças climáticas.

De acordo com esse índice, o máximo que o ser humano poderia utilizar para sua sobrevivência seria de 1,8 hectares por habitante. Atualmente a humanidade utiliza cerca de 2,85 hectares para sua sobrevivência (média mundial).

O índice Pegada Ecológica (PE) está diretamente ligado aos padrões de consumo das nações. Observa-se, através da FIG. E.1, a participação de cada componente na formação do índice, destacando-se o item **energia.**



Fonte: WWF, 2006

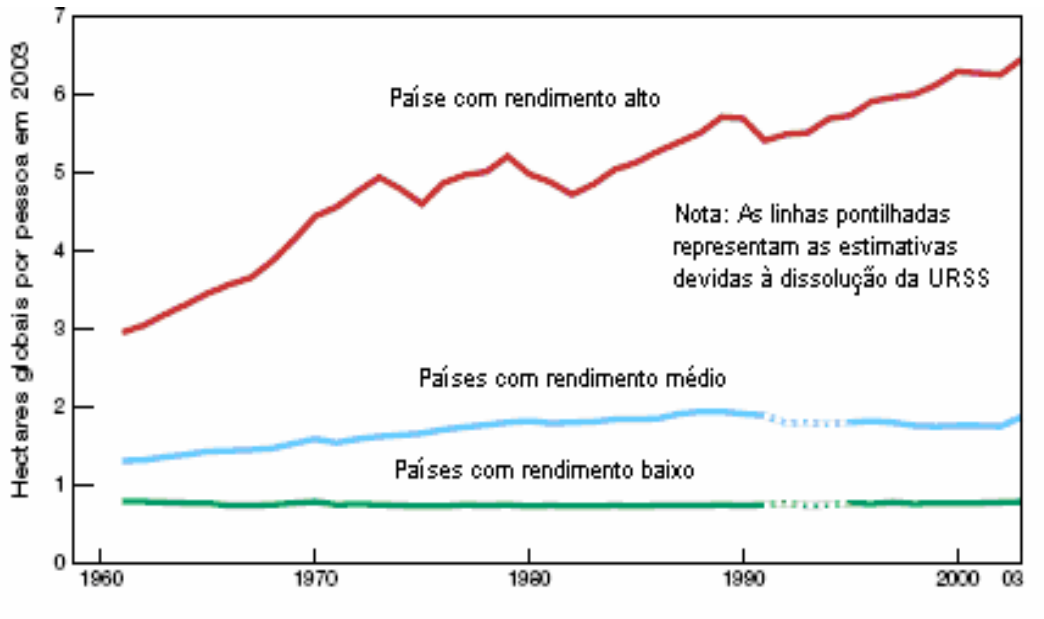
FIGURA E.1 – Evolução da “Pegada Ecológica” - por componente, (1961-2003) [25]

A PE global quase que quadruplicou entre 1961 e 2003, aumentando mais rapidamente que a população, que quase duplicou durante o mesmo período. Em outras palavras isso significava que, em média, cada ser humano está consumindo duas vezes mais neste período.

Na realidade a análise mais detalhada dos dados constata que os níveis de consumo são bem desiguais entre os países.

Os níveis de renda também influenciam no índice **Pegada Ecológica**, pois à medida que a renda é maior, a capacidade de compra de produtos e serviços também aumenta, o que torna o índice maior.

Observando a FIG. E.2 [42], conclui-se que alguns países têm grandes e crescente débitos e, nestes casos, é urgente a necessidade de uma redefinição do consumo (do ponto de vista da PE). Essa conclusão poderia levar ao raciocínio de que os países com saldo positivo da PE poderiam consumir sem grandes preocupações. No entanto isso não é verdade, pois no cômputo geral, como foi visto, a PE está em déficit. Não é desejável que países com saldo positivo da PE sigam os mesmos caminhos dos que estão em déficit.



Fonte: WWF, 2006

FIGURA E.2 – Evolução da Pegada Ecológica - Por grupo de rendimento nacional por pessoa, (1961 – 2003) [42]

Apenas com o intuito de demonstrar a dimensão do que o índice PE representa, se as populações da China e da Índia alcançassem o padrão de consumo *per capita* de um americano médio, ou seja, sua “pegada ecológica”, seriam necessários oito planetas iguais à Terra para suportar tal demanda [25].

E.2 Índice de Sustentabilidade Ambiental

O Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) [28] foi inicialmente apresentado no Fórum Econômico Mundial (2002) por pesquisadores das universidades americanas Yale e Columbia. O ISA (ou do inglês "ESI - *Environmental Sustainability Índex"*) compara a aptidão de vários países, com relação à manutenção de seu meio ambiente natural, não só no presente, mas também com as ações para a melhoria futura. A cada ano, o ISA sofre sempre alguns aperfeiçoamentos com o objetivo de representar melhor os aspectos que envolvem a qualidade de vida do homem e do meio ambiente [28].

O ISA foi criado com base na integração de 76 variáveis (Capítulo 7) e 21 indicadores de sustentabilidade ambiental que resultam num índice que varia de 0 a 100, sendo 100 a máxima avaliação. Esse índice foi desenvolvido com o propósito de ser um instrumento de auxílio aos tomadores de decisão (governo) no que diz respeito às questões ambientais de uma região ou país. O ISA foi também idealizado como uma complementação ao PIB e ao IDH na avaliação do desenvolvimento de um país, na medida em que possibilita uma análise também segundo uma visão ambiental.

Nos países ditos centrais, as economias são associadas a fluxos de energia e de materiais tais que, inexoravelmente, causam impactos ao meio ambiente. Esses impactos são captados pelos componentes do ISA. As atividades econômicas ergo-intensivas (muita energia) e insumo-intensivas (muito material) desses países, mesmo com elevados graus de eficiência (baixa Intensidade Energética – *energia necessária para produzir uma unidade monetária do PIB*), afetam a sustentabilidade de suas economias de alguma forma, pois a manutenção desses fluxos influi de forma direta tanto nos recursos naturais, que são finitos, quanto na capacidade de absorção dos resíduos e dejetos.

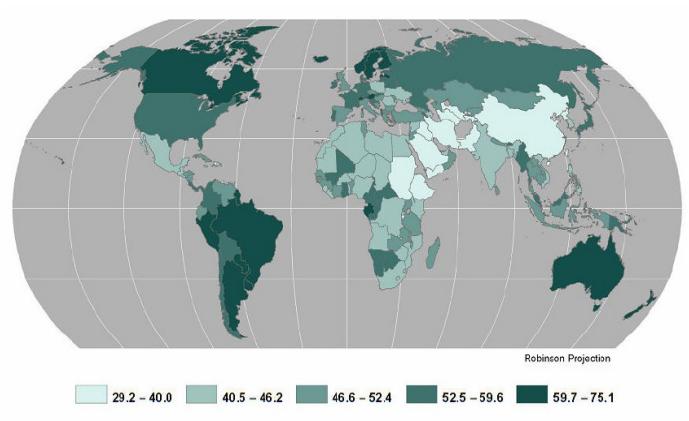
Os índices mais baixos do ISA estão entre as nações em desenvolvimento, principalmente nas nações pobres da África. Isso porque estas nações ainda precisam prover suas populações de condições de sobrevivência mínimas. O

Índice de Sustentabilidade Ambiental tem o mérito de evidenciar a já conhecida, porém não provada, relação entre preservação ambiental e renda.

Vale salientar que, em razão das especificidades locais, as melhores práticas nem sempre podem ser reproduzidas em outras regiões. Deve-se levar em conta que existem fatores relacionados às atividades econômicas, condições sociais e também ambientais do presente, suas combinações e também a estrutura de cada um dos fatores que resultam em realidades distintas.

A heterogeneidade entre os componentes do ISA é bastante grande, bem maior que a do IDH (Anexo E.3). Por exemplo, são incomuns os casos onde os componentes do IDH são díspares, ou seja, um país onde a renda é baixa e é alta a expectativa de vida. O Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) é constituído por componentes tão distintos quanto à qualidade dos sistemas ambientais e a capacidade sócio-institucional. Em outras palavras, um país pode ter áreas preservadas e sem atividade econômica, isso favorecerá certamente a qualidade do ar e a biodiversidade, por exemplo, e paralelamente apresentar baixos índices de ciência e tecnologia e governança ambiental.

A FIG. E.3 mostra o Índice de Sustentabilidade Ambiental do mundo (tons mais escuros equivalem aos melhores valores do ISA).



Fonte: Yale & Columbia University, 2002

FIGURA E.3 – ISA através do mundo (tons mais escuros equivalem aos melhores valores do ISA) [28]

E.3 Índice de Desenvolvimento Humano

O IDH representa uma medida que integra três dimensões do desenvolvimento humano: vida longa e saudável (medida pela esperança de vida), educação (medida pela alfabetização de adultos e por matrículas nos níveis primário, secundário e superior) e renda (medido pela paridade do poder de compra da moeda local) [43].

O índice, publicado anualmente pela ONU, não abrange todos os lados do desenvolvimento humano, porém é um indicador importante e muito utilizado para situar o individuo numa determinada sociedade.

A componente **renda *per capita*** é de particular importância para o IDH uma vez que favorece os outros componentes indiretamente (**saúde** e **educação**). Porém existem países que mantém maior IDH com diferentes níveis de renda, como no caso do Chile e do Bahrein, onde a renda *per capita* é bem diferente, porém seus IDH são iguais.

A classificação do IDH é feita em três níveis: baixo, médio e elevado, conforme tabela a seguir.

TABELA E.1 – Classificação do IDH

Ideal	**1,00**
Elevado	Igual ou maior que 0,80
Médio	Entre 0,50 e 0,79
Baixo	Abaixo de 0,49

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CRICHTON, M. ***State of Fear***, HarperCollins Publishers Inc. 10 East 53 rd Street, New York, NY 10022 – 2004.

[2] Organizador: Lorenzo Carrasco - Vários autores, ***A Máfia Verde: O Ambientalismo a Serviço do Governo Mundial***, Capax Dei Editora Ltda., sétima edição, 316 páginas, 2001.

[3] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Disponível em: (http://www.ipcc.ch). Acesso em: 20 de maio de 2008.

[4] RUDDIMAN, W.F. ***Quando os Humanos Começaram a Alterar o Clima?*** Scientific America – Brasil, ano 3 – N. 35, Abril de 2005.

[5] CARTA CAPITAL, ***Guerras e Desastres Causados Por Mudanças Climáticas Podem Custar Milhões de Vidas em Poucos Anos***, Ano X nº280 03 março 2004.

[6] AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL AMERICANA (EPA). Disponível em: (http://www.epa.gov). Acesso em: 15 de janeiro de 2009.

[7] JORNAL FOLHA DE S. PAULO. ***Elevação do Nível dos Oceanos Pode Ser Maior do Que Previsto, Diz Estudo.*** Disponível em: (http://www1.folha.uol.com.br/folha/ambiente/ult10007u355556.shtml). Acesso em 05 de fevereiro de 2009.

[8] ABRAMOVTZ, J. ***Unnatural Disasters***. Disponível em: (http://www.worldwatch.org/node/832). Acesso em 17 de novembro de 2008.

[9] UN, INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION - ***Disaster Reduction for Sustainable Mountain Development***. Disponível em: **(**http://www.unisdr.org/eng/public_aware/world_camp/2002/pa-camp02-kit-eng.htm). Acesso em 10 de fevereiro de 2009.

[10] WIKIPÉDIA. Disponível em: (www.wikipedia.org). Acesso em 18 de julho de 2009.

[11] WORLD WIDE FOUND (WWF) ***9 Species to Watch in 2009.*** Disponível em: (http://www.worldwildlife.org/species/ninetowatch2009.html?intcmp=69) e (http://ciencia.hsw.uol.com.br/extincao-animais.htm). Acesso em 15 de março de 2009.

[12] CHILDE, V. GORDON. ***Social Evolution***. New York (20 E. 70th Street): Henry Schuman, Inc., 1952. 184 P.

[13] RUDDIMAN, W.F. ***The Anthropogenic Era Began Thousands of Years Ago*** Clima Change, vol.61, n. 3, págs. 261-293, 2003. Disponível em: (http://courses.eas.ualberta.ca/eas457/Ruddiman2003.pdf) . Acesso em 20 de novembro de 2007.

[14] WILLIAMS, M.A. ***Defloresting the Earth From Prehistory to Global Crisis***, editora da Universidade de Chicago, 2003.

[15] DE MENOCAL, P.B. ***Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene***, Science, Vol. 292, 2001. Disponível em: (http://www.sciencemag.org). Acesso em 20 de novembro de 2007.

[16] HUTTON, J. ***Systems of the Earth, Its Duration, and Stability***. Disponível em: (http://www.uwmc.uwc.edu/geography/hutton/Abstract-facsimile/abstract1.htm). Acesso em 18 de janeiro de 2009.

[17] DIAMOND, J. ***Colapso, Como as Sociedades Escolhem o Fracasso ou o Sucesso*** – quarta edição, Ed. Record, Rio de Janeiro e São Paulo, 2006.

[18] STEADMAN, D.W. & P.S. MARTIN. ***The late Quaternary Extinction and Future Resurrection of Birds on Pacific Islands***. *Earth-Science Reviews 61:133-147, 2003.*

[19] CRISTINO, C. ***Eastern Pacific Research Foundation.*** Disponível em: (http://www.rapa-nui.org/index.html). Acesso em 28 de novembro de 2008.

[20] VARGAS, P. ***Easter Island and East Polynesian Prehistory*,** Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Instituto de Estudios Isla de Pascua, Santiago, Chile. ISBN: 956-19-0287-7, 1999.

[21] JORNAL FOLHA DE S. PAULO. ***Poder Chinês Sucumbiu a Mudanças do Clima*** – 07/11/2008. Disponível em: (http://www1.folha.uol.com.br/folha/ambiente/ult10007u465162.shtml) . Acesso em 07 de novembro de 2008.

[22] MAI, L. A.; CARNEIRO, A., C. ***Some Relations Involving Enviromenment, Social and Energetic Indexes***. In: BIENIAL INTERNATIONAL WORKSOP DA UNICAMPIe, 4, 2004, Campinas, 2004.

[23] ANDREASSA, W.L. ***O Consumismo Como um Fator de Relevância na Degradação Ambiental Global – Situação Atual e Análise das Possíveis Ações de Mitigação*** – tese de mestrado apresentada no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN-CNEN/SP, 2008.

[24] WORLD WATCH INSTITUTE (WWI), ***O Estado do Mundo 2004: Estado do Consumo e o Consumo Sustentável, 2004.*** Disponível em: (http://www.worldwatch.org/topics/consumption). Acesso em 12 de dezembro de 2008.

[25] WORLD WATCH INSTITUTE (WWI), ***Relatório Planeta Vivo 2006 – Panda 2006***. Disponível em: (http://www.worldwatch.org). Acesso em 19 de janeiro de 2009.

[26] WORLD WIDE FOUND (WWF), ***Relatório Planeta Vivo 2006 – PANDA 2006***. Disponível em: (http://assets.panda.org/downloads/lpr2006portuguese.pdf). Acesso em 19 de janeiro de 2009.

[27] UN, ***Protocolo de Quioto à convenção - quadro das nações unidas sobre mudança do clima***, ONU-BRASIL. Disponível em: (http://www.onu-brasil.org.br/doc_quioto.php). Acesso em 11 de fevereiro de 2009.

[28] DIAS,G.F. ***Pegada Ecológica e Sustentabilidade Humana***, Ed. Gaia, São Paulo, 2002.

[29] YALE & COLUMBIA UNIVERSITY. ***Environmental Sustainability Index*** – 2002. Disponível em: (http://www.ciesin.columbia.edu/indicators/ESI) . Acesso em 18 de novembro de 2008.

[30] NAÇÕES UNIDAS. ***Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policymeakers, four Asessment Report.*** Work Group III, maio de 2007. Disponível em: (http://ipcc.bravehost.com). Acesso em 18 de novembro de 2008.

[31] TOBIN TAX INITIATIVE. ***Tobin taxes [...], How To Take Hot Money and Fund Urgent Global Priorities***... Center for Environmental Economic Development, California 2005. Disponível em: (http://ceedweb.org/iirp/factsheet.htm). Acesso em 22 de fevereiro de 2009.

[32] EMBAIXADA FRANCESA. ***G8 Sea Island Summit - Press Briefing Given by Mr. Jacques Chirac, President of the Republic (excerpts)***. Sea Island 09.06.2004. Disponível em: (http://www.ambafrance-uk.org/G8-Sea-Island-Summit-Press.html). Acesso em 01 de dezembro de 2008.

[33] JORNAL FOLHA DE S. PAULO. ***Fósseis Dominam Energia Até 2030, Prevê Relatório***. Disponível em: (http://www1.folha.uol.com.br/folha/ambiente/ult10007u343844.shtm). Acesso em 15 de fevereiro de 2009.

[34] UN ***Projeto do Milênio.*** Disponível em: (http://www.pnud.org.br/milenio/). Acesso em 16 de novembro de 2008.

[35] JORNAL FOLHA DE S. PAULO. ***Economistas Dizem Que Japão Deveria Se Inspirar no Feliz Butão.*** Disponível em: (http://noticias.uol.com.br/ultnot/afp/2005/10/05/ult34u137181.jhtm). Acesso em 16 de novembro de 2008.

[36] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). ***Special Report on Emissions Scenarios.*** Disponível em: (http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/climate/ipcc/emission/). Acesso em 03 de outubro de 2008.

[37] NASA, EARTH OBSERVATORY. ***Milankovitch Dedicated His Carreer to Developing a Mathematical Theory of Climate.*** Disponível em: (http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Milankovitch/). Acesso em 05 de janeiro de 2009.

[38] CICLO SOLAR DE SCHWABE. ***Space Weather: A Research Perspective, National Academy of Science***, 1997.

[39] JORNAL FOLHA DE S. PAULO. ***Erupções Vulcânicas Esfriam os Trópicos, Mostra Estudo.*** Disponível em: (http://www1.folha.uol.com.br/folha/ambiente/ult10007u482212.shtml). Acesso em 22 de dezembro de 2008.

[40] METEO GIORNALE, ***La dendroclimatologia, scienza che studia il clima attraverso gli alberi,*** Disponível em: (http://www.meteogiornale.it/news/read.php?id=11693). Acesso em 25 de maio de 2009.

[41] FERREIRA, A. B. DE H. ***Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa***. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1995.

[42] PEREIRA, L.G. ***Síntese dos Métodos de Pegada Ecológica e Análise Emergética Para Diagnóstico da Sustentabilidade de Países.*** Tese apresentada no Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. Disponível em:

(http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/Tese-LucasPereira.pdf 2008*)*. Acesso em 10 de janeiro de 2009.

[43] ***Human Development Indices: A statistical Update 2008 - HDI Rankings***. Disponível em: (http://hdr.undp.org/en/statistics/data/). Acesso em 06 de fevereiro de 2009.