

NOSSA CAPA



A TERRA, O OCEANO E A ATMOSFERA – O CLIMA E O AQUECIMENTO GLOBAL (APONTAMENTOS)

“Sem a imaginação, que utilidade teria para o homem a inteligência?”

Joaquim Nabuco

MUCIO PIRAGIBE RIBEIRO DE BAKKER*
Contra-Almirante (Ref^o)

SUMÁRIO

- Apresentação
- A Terra – Aspectos estruturais
- O oceano
 - Aspectos gerais
 - Aspectos econômicos
 - Poluição oceânica
 - As correntes oceânicas
 - As marés e as ondas
 - O oceano e o clima
- A atmosfera
 - Aspectos gerais
 - A camada de ozônio – Poluição atmosférica
 - Efeito estufa
- O clima e o aquecimento global
 - O clima – Aspectos gerais
 - As estações do ano
 - O aquecimento global – Efeitos, consequências e previsões

* O autor é conferencista, escritor e colaborador da *RMB*. Comandou o Navio-Hidrográfico *Argus* e o Navio-Oceanográfico *Saldanha*, foi diretor da Escola de Guerra Naval, secretário da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar e diretor de Hidrografia e Navegação da Marinha.

APRESENTAÇÃO

Estes apontamentos representam um esforço do autor no sentido de reunir em um folheto observações e ensinamentos colhidos em obras e publicações diversas, acrescidos de comentários e interpretações próprias, com o objetivo de proporcionar ao leitor uma visão das características geológicas e geofísicas do nosso planeta, sobretudo no momento atual, em que o modelo de civilização adotado foi capaz de ir transformando gradativamente os ambientes naturais, alterando o equilíbrio entre os vários ecossistemas que integram o planeta e influenciando diretamente nas complexas condições físicas que determinam e regulam o clima na Terra, provocando o aquecimento de sua superfície.

As expectativas de alterações climáticas em decorrência do aquecimento global prenunciam um futuro sombrio para o nosso planeta, com uma série de eventos calamitosos. Felizmente, a consciência dos principais líderes internacionais já despertou para o problema, e várias providências foram programadas e vêm sendo realizadas, visando à reversão do quadro aterrador que poderá ocorrer.

A TERRA – ASPECTOS ESTRUTURAIS

A Terra é formada por camadas concêntricas – o núcleo, o manto e a crosta –, cada uma com suas características físicas e químicas distintas (ver figura na 2ª capa). Essas camadas não são homogêneas, as variações em seu interior explicam a existência de fenômenos como a deriva continental, os vulcões, os terremotos e o campo magnético do planeta. O núcleo se inicia a 2.900 km de profundidade, com diâmetro total de 6.940 km. É composto essencialmente de ferro, níquel e de um elemento mais leve, talvez enxofre. O núcleo se divi-

de em núcleo externo, camada líquida com 2.100 km de espessura, e núcleo interno, camada sólida com 2.700 km de diâmetro, que se supõe girar a uma velocidade diferente do resto da Terra. A temperatura no centro é estimada em 4.000-5.000°C. O manto é uma camada sobretudo sólida, com 2.900 km de espessura, e pode ser dividido em manto inferior sólido, com temperaturas de 2.100 a 2.900°C e composto, em grande parte, de ferro, magnésio, silício e outros silicatos minerais; e manto superior, basicamente sólido e parcialmente em estado de fusão, composto em grande parte de uma rocha chamada peridotita (ferro-magnésio-silicatos) e com temperaturas acima de 1.200°C. As correntes de convecção na zona parcialmente em estado de fusão sobre o manto fornecem a força impulsora para a deriva continental. Embora sólido, o resto do manto superior também se move em lentas correntes. Finalmente, há a crosta, camada superficial da parte sólida da Terra, cuja espessura varia de 5 km abaixo dos oceanos a 80 km sob as mais altas cadeias de montanhas. Existem dois tipos de crosta: a crosta oceânica, jovem, de pouca espessura, densa e constituída por rochas basálticas, abrangendo 65% da superfície da Terra; e a crosta continental, mais antiga, espessa e menos densa, correspondente a 35% da superfície da Terra.

A crosta terrestre e o manto superior (em conjunto denominados litosfera) dividem-se em segmentos rígidos encaixados, ou placas, que estão em constante movimento em relação um ao outro. O movimento é dirigido pelas correntes de convecção no manto.

As placas, chamadas placas tectônicas, representam importantíssimo papel na evolução das características geológicas e geofísicas do planeta. A matéria do manto da Terra, que é expelida continuamente das fendas entre as placas e que se espalha para

os lados, vai muito lentamente revestindo o fundo do oceano e afastando os continentes, que são ilhas de granito flutuantes sobre o manto da Terra. As placas, então, arrastam os continentes e delimitam os oceanos (ver figura na 3ª capa), embora suas margens não necessariamente coincidam com os limites dos continentes.⁽¹⁾

Há cerca de 250 milhões de anos, as massas continentais teriam uma gênese única. Ou seja, houve uma época em que todos os continentes atuais formavam um único bloco, um supercontinente chamado Pangeia, e o resto estaria recoberto por um único mar, o Pantalassa. Por volta de 135 milhões de anos, o Pangeia se dividiu, provavelmente em uma época em que a crosta da Terra estava mais quente e plástica, e o basalto, que forra os oceanos, ainda pastoso. O Pangeia se dividiu em Laurásia ao norte (América do Norte e Eurásia) e Gondwana ao sul (África, América do Sul, Austrália, Índia e Antártica) (ver figura na 3ª capa).

Possivelmente, as forças responsáveis pela separação dos continentes devem ter sido desempenhadas pelas correntes de convecção, movimentos circulatórios no manto da Terra causados por variações de temperatura, juntamente com processos

geológicos mais abruptos (vulcanismos e terremotos). No manto da Terra, é a matéria sólida e não a rocha fundida que se move. A estenosfera, zona do manto imediatamente abaixo da litosfera, é menos rígida que a crosta fixa e contém pequena quantidade de matéria fundida. A estenosfera atua como a superfície através da qual as placas deslizam. Tais forças e demais fenômenos geológicos devem então ter provocado o deslizamento das placas continentais até formarem os continentes e ilhas nas situações em que hoje os conhecemos. Porém as posições dos continentes não são fixas. Se os movimentos atuais prosseguirem, de acordo com a teoria da deriva continental, os geólogos preveem que o Atlântico se alargará, a África colidirá com a Europa, a Austrália com o Sudeste Asiático e a Califórnia deslizará para o norte.⁽²⁾

O OCEANO

Aspectos gerais

Uma expressão feliz do Almirante Paulo de Castro Moreira da Silva dizia que o atributo básico do oceano é a enormidade. Efetivamente, a visão da Terra em um mapa-múndi demonstra bem a predominância dos

⁽¹⁾ As placas são criadas e destruídas ao longo de fronteiras ditas construtivas e convergentes. As fronteiras construtivas ocorrem nas dorsais meso-oceânicas; o magma sobe do manto e as placas são forçadas a afastar-se, acrescentando, durante o processo, novo material ao longo de suas margens. As fronteiras convergentes ocorrem quando duas placas colidem, podendo ser: a) Continental/Oceânica – uma densa camada oceânica afunda sob a crosta continental e mergulha no manto, onde se funde, desencadeando vulcanismos e terremotos. Os sedimentos nas fronteiras das placas são dobrados e projetados para cima (os Andes são um exemplo deste tipo de margem); b) Continental/Continental – placas que, arrastando continentes ou ilhas, colidem. As margens das placas são impelidas para cima e fazem surgir as principais cadeias de montanhas (o Himalaia resultou de uma colisão entre as placas asiática e indiana); c) Oceânica/Oceânica – uma placa oceânica é forçada a mergulhar sob a outra. O magma que sobe, em consequência do derretimento da placa descendente, cria diversas ilhas vulcânicas em forma de arco, como o Japão e as Aleutas. Há ainda as fronteiras chamadas conservativas, quando duas placas deslizam em sentidos opostos, criando uma falha. São caracterizadas pela atividade sísmica (a falha de Santo André, na Califórnia, é um exemplo).

⁽²⁾ Segundo alguns cientistas, esse processo ainda não terminou. Eles acreditam que, após 250 milhões de anos, todos os continentes terão se reaproximado novamente, formando um supercontinente: o Pangeia Última.

oceanos; mostra, sobretudo, que, na realidade, existe apenas um oceano, o Oceano Mundial, que ocupa cerca de 72% da superfície do planeta. Os continentes são ilhas, e apenas o continente americano separa este oceano em dois outros, um a leste e outro a oeste, não fossem a Passagem de Drake, entre a Terra do Fogo e a Antártica, e o Estreito de Behring, entre o Alaska e a Ásia.

O oceano é o acumulador e transformador fundamental da energia da radiação solar que chega à superfície terrestre, um terço da qual se consome na evaporação da água do mar. A água doce, que é o que se evapora, sobe por ser mais leve que o ar e condensa-se em nuvens que, em parte transportadas pelo vento para os continentes, precipitam-se sob a forma de chuva ou neve, fornecendo à Terra a água doce de que ela necessita. O oceano, com sua inércia térmica e sua circulação de correntes marítimas, constitui o regulador fundamental do tempo e do clima e é o elemento básico da circulação da água na Terra.

O oceano se formou pela precipitação da água proveniente do bombardeamento da superfície da Terra por cometas de gelo e cristais de gelo, agregados nos meteoritos e na poeira cósmica, complementada pelo vapor d'água expelido em ondas, nas gigantescas e contínuas erupções vulcânicas que foram moldando ou modelando a crosta terrestre. Esta crosta escaldante fazia evaporar instantaneamente a precipitação da água, formando uma atmosfera que consistia praticamente de toda a água do oceano, mas não continha oxigênio livre. Durante aque-

les períodos iniciais, as condições do planeta devem ter sido extremamente hostis à vida. Além das erupções vulcânicas que o agitavam constantemente, tempestades fortíssimas abalavam os céus, e perigosos raios ultravioleta, provenientes do Sol, e que são fatais, penetravam através dos gases atmosféricos e recobriam a superfície terrestre, onde ainda não existia, como obstáculo à sua penetração, a camada protetora de ozônio. Chuva ácida caía de uma atmosfera envenenada por sulfato de hidrogênio, amônia e metano, acumulando-se em um oceano praticamente de água quase fervente.

O oceano, com sua inércia térmica e sua circulação de correntes marítimas, constitui o regulador fundamental do tempo e do clima e é o elemento básico da circulação da água na Terra

Com o esfriar da crosta, uma chuva de milênios condensou-se nos primeiros mares mornos, lavando as rochas e as terras e recebendo os sedimentos dos rios que vieram constituir a salinidade oceânica que, por não se evaporar, foi se concentrando no decorrer do tempo. Apenas a grande concentração de cloreto de sódio

(NaCl) e a taxa relativamente alta de enxofre (S) devem ter como origem o magma eruptivo, que, na formação do leito oceânico, ainda rachado por grandes extrusões de magma em fusão, perdeu parte de seus íons e gases para a água. A crosta deve ter rachado em vários pontos, em diversas ocasiões, enquanto o magma se extravasava por centenas de milhares de quilômetros. Finalmente, a crosta foi se consolidando, e o oceano continuou a salgar-se com a pacífica contribuição dos rios e da lavagem das rochas. Essa etapa de formação do oceano, constituída de água quase fervente, de mares mornos, ficou conhecida entre os cientistas como a “sopa primordial”.

Sob o ponto de vista biológico, o oceano é a origem das distintas formas de vida que habitam o planeta⁽³⁾. O desenvolvimento dos organismos autotróficos, capazes de produzir, por meio da fotossíntese, substâncias como o oxigênio, transformou a atmosfera e a composição do oceano e abriu caminho para a evolução da vida tal como hoje a conhecemos.

A parte imersa dos continentes, que constitui a sua transição para as bacias oceânicas, é a margem continental. É formada pela plataforma continental e pelo talude, que lhe dá continuidade e que vai até sua base ou sopé, onde forma uma rampa sedimentar, menos íngreme

(a elevação continental), a qual une a base do talude às bacias oceânicas. Na parte mais alta da margem, ainda sob as águas, em profundidades que podem variar de 150 a 200 metros, existe uma área com declividade relativamente muito pequena, que aflora em praia e se prolonga em uma planície costeira. O prolongamento submarino desta planície, adjacente à praia e de mesma identidade, e que vai submergindo com declividade média de apenas 7°, é a plataforma

continental. Mas quando ela atinge certa profundidade, o que pode ocorrer entre 20 e 500 metros (por convenção 200 metros), a declividade sofre brusco aumento, numa faixa muito estreita (de 8 a 26 milhas), e o fundo mergulha subitamente num talude, indo até o fundo do oceano, antes atingindo a elevação continental, para depois continuar mergulhando até as profundidades maiores do assoalho oceânico (fig. 1).

O mar raso que recobre a plataforma continental é o mar epicontinental. É bastante diverso do oceano propriamente dito, pois contém certamente mais de 80% de suas riquezas biológicas. A existência das platafor-

**A existência das
plataformas continentais
possibilita a formação de
uma zona de vida intensa,
talvez uma das mais
densamente povoadas do
planeta**

mas continentais possibilita a formação de uma zona de vida intensa, talvez uma das mais densamente povoadas do planeta. Uma enorme massa de animais pulula por essas águas, nadando ou rastejando, alimentando-se de uma população ainda maior de algas que a zona produz. Essa enorme fecundidade é formada por dois fatores: a luz solar (fotossíntese) e a água dos rios, que despeja o produto da lavagem das ro-

⁽³⁾ Efetivamente, muitos cientistas acreditam que as profundidades oceânicas devem ter proporcionado as melhores condições para o surgimento dos primeiros micro-organismos, uma vez que eles estariam protegidos dos raios ultravioleta e dos meteoritos. As crateras vulcânicas no fundo do mar, onde a água salgada encontra o magma em temperaturas elevadas, podem ter fornecido as condições particularmente favoráveis à criação de compostos orgânicos como aminoácidos, adenina, guanina, timina, glicose ou ureia, que possivelmente, sob a influência da energia térmica e química, ligaram-se em cadeias na “sopa primordial”. Essas cadeias, por sua vez, formaram glóbulos que foram envolvidos por membranas que, em algum momento, teriam sido capazes de permitir a absorção e a expulsão de substâncias, como um metabolismo rudimentar. Finalmente teria surgido um processo, segundo o qual eles puderam se reproduzir, passando suas propriedades bioquímicas para os seus descendentes. Assim, começando com as moléculas orgânicas esparsas até o aparecimento das primeiras protocélulas com capacidade reprodutora, teria sido criada a vida, no seu estágio mais elementar. Esta vida inicial, então, teria produzido dois grandes ramos: as células que conquistaram o processo da fotossíntese e se tornaram autotróficas e as que não o conquistaram e que são heterotróficas. Esses ramos são os antecessores dos vegetais e animais unicelulares, as algas e os protozoários, respectivamente.

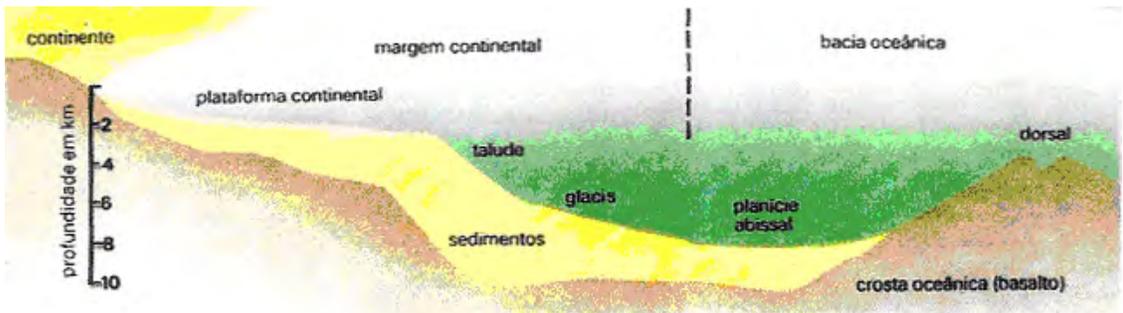


Fig. 1 MORFOESTRUTURA DOS OCEANOS

chas continentais no mar, contribuindo com os sais necessários à vida, especialmente os nitratos. Esta zona costeira representa cerca de 10% da área oceânica, e a ela se acrescenta 0,1% de área em que condições naturais fazem subir as águas profundas (ressurgência), extremamente ricas em nutrientes.⁽⁴⁾ O resto do oceano, portanto cerca de 90%, as regiões centrais sobre as profundidades abissais, são virtualmente estéreis, pela ausência de mecanismos naturais que façam subir as águas profundas, com os elementos necessários à vida marinha.⁽⁵⁾

Além das margens continentais, o assoalho oceânico é praticamente constituído: das planícies abissais, que são grandes extensões

planas, sem características distintas e com profundidades variando de 4.000 a 6.000 metros; das dorsais meso-oceânicas, onde duas placas da crosta terrestre se distanciam uma da outra; das zonas de fratura, representando as falhas na crosta, em ângulo com as dorsais meso-oceânicas; das montanhas vulcânicas submarinas, geralmente em forma de cones; e das fossas, que são depressões muito fundas, onde uma placa da crosta mergulha sob a outra. A mais longa cadeia de montanhas da Terra é a dorsal mesoatlântica, abaixo do Atlântico até o Atlântico Sul, onde apresenta duas ramificações: uma segue pelo Oceano Pacífico e outra pelo Índico. Quanto às fossas, a mais

⁽⁴⁾ As principais regiões de ressurgência são: as que rodeiam a Antártica; a do Peru; áreas da costa da Califórnia; no noroeste da África; no sudoeste da África; no Mar da Arábia; e numa faixa costeira do Brasil, entre Cabo Frio e o litoral de Santa Catarina, que inclui o complexo lagunar estuarino de Iguape e Cananeia, o qual se prolonga até Paranaguá, formando um ecossistema de cerca de 200 km de extensão e que representa um dos principais berçários marinhos do Atlântico Sul.

⁽⁵⁾ A vida marinha depende primariamente dos sedimentos orgânicos e minerais existentes no leito marinho, que, arrastados para a superfície e ao penetrar na camada fótica, produzem algas microscópicas consideradas como o “capim do mar” e conhecidas como fitoplâncton. O fitoplâncton é rico em carboidratos, proteínas e, por meio de carbono, hidrogênio e oxigênio, gera o primeiro estágio da cadeia alimentar marinha, produzindo a seguir o zooplâncton: O zooplâncton, microorganismo rico em substâncias orgânicas e minerais, compõe o sistema alimentar das espécies marinhas, estando, portanto, a vida de outras espécies de maior porte associada à abundância desse elemento no meio líquido. Concentrado na camada superficial (os primeiros 100 m do oceano, apenas 50 ou mesmo 30 na zona costeira) que o sol ilumina e aquece, o fitoplâncton tem sua clorofila ativada pela luz solar. Com esta ativação, decompõe moléculas de água em hidrogênio (H₂) e oxigênio (O) e com o hidrogênio livre compõe, com o óxido de carbono (CO₂) dissolvido na água, a molécula orgânica do carboidrato (CH₂O).

profunda é a Fossa das Marianas, no Oceano Pacífico, com 10.920 m abaixo do nível do mar, e a mais longa é a das Aleutas, também no Pacífico, com 1.700 km de extensão.

Aspectos econômicos

O oceano constituir-se-á, certamente, no mais importante fator de desenvolvimento econômico e social, à medida que seus recursos forem gradativamente substituindo os que atualmente são obtidos dos continentes. Sob o ponto de vista biológico, o oceano representa um gigantesco depósito de alimentos e, embora os seus recursos sejam, sob alguns aspectos, inferiores aos dos continentes, a produtividade da massa biológica do litoral e do mar epicontinental supera em mais do dobro a produtividade do solo terrestre. Atualmente, os

produtos do ambiente marinho perfazem uma significativa parcela da proteína que a humanidade consome, apesar de ser utilizada apenas cerca da centésima parte de todas as espécies de animais e vegetais que habitam o oceano. O fundo do mar, por outro lado, já proporciona parcela ponderável do petróleo que abastece os centros consumidores e uma razoável parte de metais e diamantes, e, dentro em breve, o homem incorporará às suas pretensões de desenvolvimento a ampla varieda-

de de elementos químicos existentes em bilhões de toneladas da água do mar.

Durante milênios a sociedade humana valeu-se apenas de uma pequena parcela do potencial do oceano: suas vias de transporte e os recursos biológicos de suas águas costeiras e superficiais. A navegação regular interoceânica possui uma história relativamente recente, e a pesca sistemática,⁽⁶⁾ em escala industrial, constitui uma atividade muito mais jovem. Somente em meados do século passado a exploração econômica das profundidades oceânicas e dos fundos marinhos teve início, porém, exceto no que se refere aos recursos pesqueiros e ao petróleo, a humanidade continua utilizando até hoje uma parte relativamente muito pequena do que o oceano pode oferecer ao seu desenvolvimento socioeconômico.

Com base em dados dispersos constantes de várias fontes, pode-se estimar, com aproximação satisfatória, a contribuição geral da economia marinha à economia mundial: em fins do século passado, ela atingiu cerca de 400 a 500 bilhões de dólares. Este dado, se bem que insignificante para a contribuição de um espaço maior que 70% da superfície do planeta, supera em menos do dobro a renda nacional da Grã-Bretanha, alcançando aproximadamente 6% da renda mundial.

O oceano constituir-se-á no mais importante fator de desenvolvimento econômico e social, à medida que seus recursos forem substituindo os que são obtidos dos continentes

⁽⁶⁾ Nos últimos anos, a pesca extrativa marinha mundial alcançou índices recordes de produção, chegando, aproximadamente, a 85 milhões de toneladas/ano. O Brasil, apesar do seu extenso litoral, participou com pouco mais de 0,5 % do total, o que equivale a algo em torno de 422 mil toneladas/ano (*O Brasil e o mar no século XXI – A pesca, 1998*). A maricultura, criação de espécies marinhas em áreas específicas, também está atravessando um período de franca expansão e constitui excelente alternativa à pesca predatória, podendo ainda ajudar a recompor populações de espécies submetidas à pesca excessiva. No Brasil, os estados de Santa Catarina, Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte, principalmente, vêm desenvolvendo projetos de criação de moluscos (ostras e mexilhões) e de camarões.

A indústria extrativa marinha constituiu-se basicamente, no presente e talvez ainda em futuro próximo, da retirada do petróleo e gás do subsolo marinho. Aliás, a prospecção e os investimentos de petróleo e gás no oceano têm sido bastante intensificados, em razão da instabilidade política dos países produtores do Oriente Médio.

A obtenção de matérias-primas minerais do fundo dos mares e seu subsolo (carvão, areias ferrosas e titano-magnésicas, estaníferas, auríferas e fosfóritas); a exploração industrial dos nódulos polimetálicos (ricos em ferro, manganês, níquel e cobalto); a extração de produtos

químicos a partir da água do mar; a exploração das fontes de energia do oceano (o gradiente térmico, os gradientes de salinidade, as correntes marinhas, as marés e as ondas); a utilização da energia solar absorvida pelo oceano; e a obtenção da água doce por destilação da água do mar ainda não lograram obter o grande desenvolvimento que a pesca e a extração marinha de petróleo e gás já atingiram. Espera-se, entretanto, que, no decorrer deste século, os recursos do oceano passem a representar uma substancial parcela da economia mundial. Aliás, o inevitável esgotamento dos combustíveis fósseis e a necessidade urgente de se reduzir a poluição da atmosfera, com seus reflexos no aquecimento global e alterações climáticas, tornarão imperativo o uso de fontes de energia não poluentes, como o hidrogênio e a própria energia solar. O hidrogênio é o combustível empregado nos projetos espaciais e vem sendo utilizado em caráter experimental, tanto em aviões quanto em automóveis.

Espera-se que, no decorrer deste século, os recursos do oceano passem a representar uma substancial parcela da economia mundial.

Espera-se que, no decorrer deste século, os recursos do oceano passem a representar uma substancial parcela da economia mundial

Mas o interesse da humanidade sobre o mar não se refere apenas aos seus recursos. Muitas vezes, na História, o mar foi lembrado como fonte de medicamentos e de tratamento. Platão, quatro séculos a.C., ao ser curado com banhos de mar por sacerdotes egípcios, teria proclamado: “O mar lava todos os males dos homens”. Atualmente, a Talassoterapia parece renascer na medicina moderna, da mesma forma que os elementos contidos na água do mar e nos organismos marinhos, como as algas, vêm tendo, cada vez mais, maior aceitação e uso na farmacologia.

O papel que o oceano pode desempenhar com relação à vida da humanidade e os problemas de utilização dos seus recursos começaram a exercer, desde o início dos anos 60 do século passado, importante efeito no desenvolvimento das relações internacionais, especialmente entre países marítimos. Verificou-se que os recursos vivos

não eram inesgotáveis e que sua exploração racional era uma necessidade vital para o Estado costeiro; que a antiga regra das 3 milhas para o mar territorial era absolutamente insuficiente para protegê-los; que as novas técnicas de exploração podiam resultar em devastação e destruição do equilíbrio ecológico; que o grau diferente de desenvolvimento dos Estados permitia que uns poucos explorassem indevida e abusivamente recursos que naturalmente deveriam pertencer a todos; e, finalmente, que a intensificação do uso do mar, com o efetivo aumento da presença humana no oceano, iria repercutir, de maneira definitiva, nos antigos conceitos de segurança e defesa. Tais perspectivas, indubitavelmente, foram as principais responsáveis, no âmbito interna-

cional, pela instituição de uma nova disciplina jurídica, que se encontra consubstanciada na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM)⁽⁷⁾, que reúne toda a legislação internacional pertinente ao uso do mar e ao aproveitamento dos seus recursos.

Poluição oceânica

Um ecossistema, a unidade básica estudada pela Ecologia (ciência das relações entre ambientes e seres vivos), é composto de uma parte física e uma biológica. Os elementos da parte física são as rochas e solo do substrato, água (rios e mares), gases do ar (atmosfera), luz (o sol) que incide sobre eles e temperatura (clima). A parte

biológica é a biomassa (massa total dos seres vivos de um ecossistema, incluindo o homem). Mas, desde que a espécie humana passou a se projetar na superfície da Terra, o homem foi se tornando gradativamente capaz de modificar os ecossistemas, pela criação de ambientes artificiais, produto de técnica cada vez mais desenvolvida e atuante sobre os recursos naturais. Esta transformação dos ambientes naturais, entretanto, não se deu em observância às leis de conservação da natureza e sim às leis econômicas, o que acarretou, com o desequilíbrio consequente, os processos de degradação ambiental, como a devastação da flora, o extermínio de várias espécies animais, a erosão acelerada e a alteração dos regimes de água e clima, isto

⁽⁷⁾ A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) foi oficialmente encerrada em 10 de dezembro de 1982, na Baía de Mondego, Jamaica. A Convenção possui 17 partes, com 330 artigos e IX anexos e condensa toda a legislação internacional relativa ao uso do mar, conforme alguns tópicos adiante transcritos entre outros de igual importância: Mar Territorial e Zona Contígua; Estreitos Utilizados para a Navegação Internacional; Zona Econômica Exclusiva; Alto-Mar; Regime das Ilhas; Direito de Acesso ao Mar dos Estados Sem Litoral; A Área (Zona) Internacional; Proteção e Preservação do Meio Ambiente; Pesquisa Científica Marinha; Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia Marinha; Plataforma Continental.

A nova realidade jurídica criada pela CNUDM condiciona o exercício da jurisdição nacional sobre a Plataforma Continental à determinação dos seus limites, o que requer a caracterização da margem continental até a base do talude. Assim, a soberania brasileira sobre os fundos marinhos que lhe couberem, fora da ZEE, veio exigir a execução de um amplo levantamento da margem continental, que inclui a Plataforma Continental e o talude, cujo acúmulo de sedimentos em sua base ou sopé pode ter estendido bem mais para leste, o limite exterior da margem continental (o que foi comprovado), ampliando significativamente a extensão ou continuidade do território brasileiro submerso. Tal levantamento, uma vez concluído, deverá ser submetido à Comissão de Limites da Plataforma Continental (CLPC), da Organização das Nações Unidas (ONU), com as características do limite pleiteado, juntamente com as informações técnicas e científicas necessárias a sua avaliação pela CLPC. Durante um período de cerca de dez anos, de 1987 a 1996, navios da Marinha (Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN), com especialistas da Petrobras e pesquisadores universitários (Projeto Leplac – Levantamento da Plataforma Continental), coletaram os dados necessários para a determinação do limite exterior da Plataforma Continental, de acordo com os requisitos técnicos definidos pela CLPC. A área pretendida pelo Brasil, que deve prevalecer sem restrições, abrange uma faixa litorânea que, em alguns trechos, chega a 350 milhas da costa e equivale a mais de 50 % do território continental do País. É essa área que a Marinha vem chamando de Amazônia Azul.

O instrumento de ratificação da CNUDM pelo Governo brasileiro foi depositado a 22 de dezembro de 1988. O Brasil foi o 37º Estado a depositá-lo tendo a Convenção só entrado em vigor a 16 de novembro de 1994, doze meses após a data de depósito do 60º instrumento de ratificação ou adesão. Para ajustar a legislação brasileira à nova Convenção, foi promulgada a Lei nº 8.617, de 4 de janeiro de 1993, que dispõe sobre o Mar Territorial, a Zona Contígua, a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e a Plataforma Continental. O Decreto nº 1.530 de 22 de junho de 1995 declarou a sua entrada em vigor no Brasil.

é, a poluição generalizada. Todavia, nas últimas décadas do século passado, a consciência dos riscos envolvidos com a destruição sistemática dos ambientes naturais levou-nos à descoberta de novo valor ético da mais alta significação: perceber que a vida vale pela qualidade que lhe dá sentido, e que essa qualidade está intimamente associada à preservação ambiental, isto é, ao ecossistema do qual a humanidade é parte integrante. No entanto, nenhum movimento conservacionista, nenhum processo corretivo dos desequilíbrios já existentes seria válido ou acarretaria resultados compensadores se não partisse da preservação da água, sobretudo da água doce, da qual depende a vida sobre a Terra. E esta água doce tem sua origem na água do mar que se evapora exposta ao sol. O mar surge, então, como a grande dádiva que mantém a vida sobre a Terra e, conseqüentemente, toda a preocupação conservacionista e ecológica deve estar, indispensavelmente, voltada para o ambiente marinho, da sua interação com as áreas litorâneas e com os ambientes transicionais, como os estuários e outros sistemas costeiros e, sobretudo, com o seu inter-relacionamento com a atmosfera.

A vida vale pela qualidade que lhe dá sentido, e essa qualidade está intimamente associada à preservação ambiental, isto é, ao ecossistema do qual a humanidade é parte

O portentoso volume do oceano – 1.420 x 10¹⁵ m³ de água – inspira um primeiro pensamento bastante tranquilizador: qualquer substância que, lançada a ele, com ele se misturasse seria reduzida a um nível de concentração perfeitamente inócuo. Tal pensamento é tranquilizador, mas ilusório. As substâncias lançadas ao mar não se misturam ao oceano inteiro, mas com uma parte, às vezes extremamente reduzida. Não se misturam imediatamente, mas lenta e muito gradualmente; e se aumentam no oceano os processos de dispersão,

dispersão, difusão, diluição, que realmente diminuem a concentração, alguns processos físicos, químicos e biológicos, pelo contrário, aumentam-na insidiosamente, a ponto de ameaçar a vida.⁽⁸⁾

Não havia nenhum problema de maior relevo quando se lança-

vam ao mar os efluentes humanos “puros”, isto é, aqueles provenientes do homem como organismo animal, ou de indústrias manufatureiras diretamente baseadas em produtos naturais: fibras, madeiras, couros, sebos. Pois tudo isso era, finalmente, matéria orgânica, produtos “naturais”. O óleo combustível, ele mesmo um produto natural, é metabolizável. Mas, por se concentrar em uma camada superficial muito

⁽⁸⁾ Constitui um exemplo evidente o ocorrido na pequena baía japonesa de Minamata, em que uma fábrica de cloreto de vinila lançava às águas um efluente ligeiramente “sujo” de mercúrio. Primeiro, concentrações sucessivas de algas, depois de invertebrados vegetarianos, finalmente de animais carnívoros levaram aos escalões superiores da cadeia trófica um nível muito elevado do já então tetraetil de mercúrio. A ação insidiosa sobre o sistema nervoso dos homens e animais – como os gatos, que se alimentavam de peixe – produziria a loucura coletiva de uma população; a ação mais insidiosa produziria descendentes monstruosos. O oceano é bem capaz, na sua enormidade, de dissolver a níveis inócuos todo o mercúrio produzido pelo homem, não a Baía de Minamata. Nem se previa a transformação, por organismos, do mercúrio em tetraetil de mercúrio, de efeitos tão calamitosos para o organismo humano.

final, exerce um efeito sufocante e, portanto, letal. Entretanto, quando se combatem seus efeitos com detergentes, o detergente, este artificial, é tóxico e exerce um efeito desastroso. Foram esses produtos da química sintética, inventados pelo homem, desconhecidos da natureza e não biodegradáveis. que, realmente, quer penetrando no mar pelos esgotos domésticos e industriais, quer pelos eflúvios da agricultura, quer “chovendo” sobre o oceano, modificaram profundamente a situação. Detergentes, pesticidas, herbicidas, inseticidas, sobretudo os persistentes organoclorados, abusados pela agricultura, e os policlorados, tão utilizados na indústria, passam ao oceano e se concentram pelas cadeias alimentares. Outro risco são os metais pesados usados na indústria, como o mercúrio, o zinco, o cádmio, o chumbo, que podem, inclusive, incorporar organismos em substâncias orgânicas extremamente perigosas.

A poluição, na sua conceituação geral, é a introdução no meio marinho de substâncias capazes de produzir efeitos deletérios, tais como danos a recursos biológicos, perigo para a saúde humana, entraves às atividades marítimas (inclusive à pesca), deterioração das qualidades da água do mar para sua utilização e redução das possibilidades

no domínio dos lazeres. Por conseguinte, a poluição pode resultar, pois, de substâncias, mas pode consistir também em alterações de condições físicas, como temperatura, salinidade e transparência.⁽⁹⁾

No que se refere à poluição radioativa, o oceano receberá fatalmente doses cada vez mais importantes de poluição radioativa, situação que, no momento atual, vem sendo acompanhada com a devida atenção. Entretanto, se a humanidade insistir

Se a humanidade insistir na solução nuclear para atender ao desenvolvimento de setores específicos da atividade humana, o oceano provavelmente não ficará imune ao recebimento de resíduos radioativos da indústria nuclear

na solução nuclear para atender ao desenvolvimento de setores específicos da atividade humana, o oceano, pela sua profundidade, por suas dimensões e pelas propriedades de sua circulação, provavelmente não ficará imune ao recebimento de resíduos radioativos da indústria nuclear.

O mais grave, porém, da poluição marinha é que grande parte das substâncias lançadas ao mar é atirada em estuários, onde se acumulam as ovas e larvas dos peixes. Ovas e alevinos são particularmente vulneráveis, seja à escassez de oxigênio, seja às substâncias poluidoras. Envenenando os estuários, acabaríamos por extinguir as espécies oceânicas, matando-as no ovo ou como alevinos. É este também o efeito da poluição crônica por óleo, que caracteriza quase todas as baías com terminais de petróleo. Felizmente, a consciência dos ho-

⁽⁹⁾ As grandes categorias de substâncias lançadas ao oceano, em número imenso e incessantemente crescente, por numerosas vias (atmosférica, rios, emissários submarinos, barcas, lixeiras, navios em trânsito e acidentados, até mesmo nucleares), podem ser relacionadas como a seguir: esgotos domésticos e seus micro-organismos, compostos orgânicos (petróleo e derivados, halogenados, organoclorados); sais nutrientes, substâncias químicas inorgânicas (metais, detergentes aniônicos, pesticidas e herbicidas), poluição térmica, substâncias radioativas, desequilíbrios artificiais do meio.

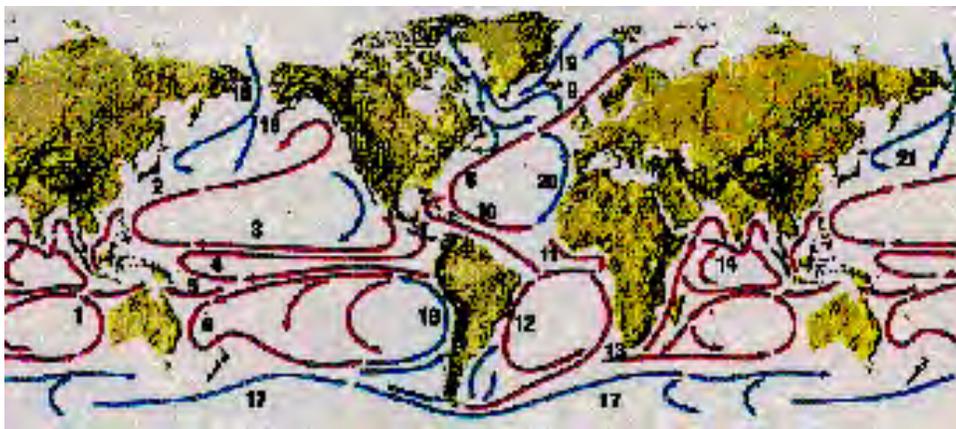
mens já despertou para a poluição oceânica e sua ameaça crescente. Providências oficiais cada vez mais sóbrias e eficazes, de vários organismos oficiais que foram criados, já protegem o oceano dos efeitos insidiosos da poluição.

As correntes oceânicas

As correntes oceânicas são as grandes massas de água que se deslocam através do mar, apresentando características diferentes das águas que as rodeiam (fig. 2). Elas podem ser mais quentes ou mais frias, mais claras ou mais escuras, mais densas ou menos densas que o restante do oceano. Embora seja a explicação mais simplista, é um tanto difícil explicar as correntes apenas como originadas da ação dos ventos sobre

a superfície do mar. Dois outros fatores agem profundamente sobre esses movimentos oceânicos. O primeiro é a força de Coriolis, ou seja, o desvio no movimento da água que é devido à rotação da Terra. No hemisfério norte, os movimentos das águas tendem a assumir o sentido horário (no mesmo sentido do movimento dos ponteiros de um relógio – para a direita), enquanto no hemisfério sul o desvio é no sentido anti-horário (para a esquerda). O segundo fator é devido à morfologia dos fundos oceânicos. As cadeias montanhosas submersas, os vales ou as alterações de profundidade dos mares são a causa de sensíveis desvios.

Existem dois tipos fundamentais de correntes oceânicas: as correntes de densidade ou de gradiente e as correntes de deriva ou de superfície (fig. 2, abaixo).



CORRENTES OCEÂNICAS – As correntes são divididas em correntes de superfície (quentes) e de águas profundas (frias). As de superfície são impelidas pelo vento, chegam a 80 km de largura e movimentam-se a velocidade de até 220 km/dia em padrões quase circulares, denominados giros. Há dois giros no Hemisfério Norte (sentido horário) e três no Hemisfério Sul (sentido anti-horário). A água é aquecida no Equador e o calor é transportado para os pólos. As mudanças na densidade de água formam correntes de águas profundas; quanto mais fria e salgada maior sua densidade. A água atinge seu ponto mais frio e salino mais próximo dos pólos, onde afunda até o assoalho oceânico. Segue então para o Equador e a água mais quente vai ocupando o lugar da mais fria.

Correntes de deriva ou de superfície: 1 – do Oeste da Austrália, 2 – do Pacífico Norte, 3 – Equatorial do Norte (no Pacífico), 4 – Contracorrente Equatorial, 5 – Equatorial do Sul, 6 – do Leste da Austrália, 7 – da Flórida, 8 – do Golfo, 9 – Deriva do Atlântico Norte, 10 – Equatorial do Norte (no Atlântico), 11 – da Guiné, 12 – do Brasil, 13 – de Agulhas e 14 – da Somália.

Correntes de densidade ou de gradiente: 15 – de Kamchatka, 16 – das Aleutas, 17 – Circumpolar Antártica, 18 – do Peru (Humboldt), 19 – do Leste da Groenlândia, 20 – das Canárias, 21 – do Japão (Kuroshio).

As primeiras, também chamadas de **correntes de águas profundas**, são determinadas pela variação da densidade que ocorre no seio da massa líquida, por efeito de diferentes temperaturas e salinidades. E, como essa distribuição de densidade é muito estável (com exceção da camada superficial afetada por fatores meteorológicos), essas correntes são também muito estáveis, chegando a ter um caráter permanente. Distinguidas pelos navegantes de tempos remotos, receberam nomes próprios, como Gulf Stream (Corrente do Golfo), Kuroshiu, Corrente do Brasil etc., e são citadas como verdadeiros acidentes geográficos.

Uma corrente de gradiente típica é a Corrente do Golfo (Gulf Stream). De caráter principalmente superficial, ela varia entre 400 m de profundidade junto à costa da Flórida e 800 m em mar aberto. É a corrente mais importante para a Europa. O nome, dado por Benjamin Franklin, deve-se a que a água no Golfo do México sofre um forte aumento de temperatura e, em seguida, flui para o norte ao longo da costa norte-americana. Considerada uma das correntes mais fortes do planeta, a Corrente do Golfo leva água quente pelo Atlântico em direção à Europa, onde passa a ter o nome de Corrente do Atlântico Norte. Lá ela se divide em vários ramos: um dirige-se para a Groenlândia e a Islândia; outro vai em direção às Ilhas Britânicas e depois à Noruega; e outro ainda, mais meridional, para a costa atlântica da França e da Península Ibérica. Essa corrente é a responsável pelo clima ameno do norte e do oeste da Europa.

No Oceano Pacífico, o exemplo é a Corrente Kuroshiu, semelhante à Corrente do Golfo. Ela inicia-se próximo às costas orientais das Filipinas, dirigindo-se para o arquipélago japonês, onde se mistura com outras correntes vindas do Mar de Bering e de Okhotsk.

A principal corrente do Atlântico Sul e que atua na costa brasileira é a Corrente do Brasil.

A diferença de salinidade entre as massas de água também faz surgirem correntes de gradiente. É o que acontece, por exemplo, no Mediterrâneo. As águas do Atlântico, devido à salinidade, são mais leves que as do Mediterrâneo e, em superfície, elas formam uma corrente que entra no Mediterrâneo através do Estreito de Gibraltar, indo banhar as costas do norte da África. De lá saem vários ramos, que alcançam a Sardenha e a Sicília, enquanto o ramo principal continua, desviando-se depois em direção à Grécia.

Uma das correntes de águas profundas mais conhecida é a Corrente de Humboldt, por causa dos fenômenos climáticos conhecidos como El Niño e La Niña⁽¹⁰⁾. A corrente fria de Humboldt se enfraquece antes de atingir a costa leste da América do Sul, permitindo o avanço de águas mais quentes. Essas alterações das correntes marítimas irão provocar intensas chuvas no litoral sul-americano e secas no sudeste asiático (El Niño). O fenômeno La Niña ocorre em geral logo após o El Niño e também tem origem nas correntes marítimas, que se alteram de tal forma que as águas superficiais quentes são impelidas em direção ao sudeste asiático. Dessa forma, as águas frias profundas do litoral do Peru sobem à superfície. O impacto de La Niña sobre o clima é menor do que o do El Niño, embora possa provocar chuvas no sudeste asiático e agravar a seca na América do Sul.

As **correntes de deriva** constituem o segundo tipo fundamental de movimentos de massas de água e representam grandes sistemas de correntes oceânicas superficiais.

⁽¹⁰⁾ El Niño significa “o menino”, referindo-se ao “Menino Jesus”, pois é exatamente durante o período de Natal que os fenômenos se manifestam com maior intensidade. A ocorrência de fenômeno semelhante após o El Niño, mas de efeitos contrários, foi chamada de La Niña.

Elas são reguladas pela ação conjunta do vento, da força de Coriolis e pelo atrito das águas com o relevo do fundo oceânico. Em superfície, considerando-se os mares profundos, a direção da corrente tende a desviar-se 45° em relação à direção em que sopra o vento – para a direita, no hemisfério norte; para a esquerda, no hemisfério sul. A ação dessas correntes pode ser observada até uma profundidade de 500 metros.

Os principais e mais conhecidos sistemas desse tipo são as correntes norte-equatorial e sul-equatorial. No Atlântico e no Pacífico, elas dependem do regime dos ventos alísios e, no Índico, do regime dos ventos das monções. Ao norte do equador, os ventos alísios sopram de nordeste para sudoeste, enquanto ao sul, de sudeste para noroeste. Dessa maneira, as correntes que eles determinam são dirigidas de leste para oeste. No Oceano Índico, as monções invertem sua direção no curso das estações. Esse fenômeno é obedecido pela corrente equatorial formada, que também inverte sua direção: durante o inverno, ela segue de leste para oeste; no verão, de oeste para leste.

Ventos que não sopram de maneira persistente também podem provocar o aparecimento de correntes ocasionais de deriva. Devido ao atrito com os fundos marinhos, porém, para que isso aconteça, é necessário que o vento sopra durante algum tempo antes de se iniciar o movimento; e, ao cessar o vento, o atrito faz com que a corrente ocasional logo desapareça.

Em pontos de profundidade decrescente junto à costa ou à plataforma continental, ventos de certa direção poderão empilhar as águas sobre a costa produzindo um declive. Esta declividade produzirá um sistema de correntes de declive, como efeito secundário das correntes de deriva.

As marés e as ondas

A superfície livre dos mares é continuamente solicitada por várias espécies de perturbações, das quais as mais comuns são as marés e as ondas.

O fenômeno das marés é resultante da atração exterior ao planeta, sobre o nível do mar, com sensível predominância da força de atração da Lua, e é responsável por um tipo de corrente, de maneira geral mais localizada e de maior importância junto à costa, nos portos e canais. A maré, como é bem sabido, consiste no lento movimento de elevação e abaixamento da superfície do mar, assinalável normalmente junto à costa: o nível se eleva por cerca de 6,21 horas até um máximo, a preamar, baixando em seguida, após uma pequena pausa, durante 6,21 horas, até um mínimo, a baixamar; e isso se repete incessantemente. A oscilação produzida pela maré tem sido usada como fonte de energia, sobretudo pela França e pela Rússia.

A Lua e o Sol são os grandes responsáveis pelas marés: elas se formam a partir das forças magnéticas dos dois corpos celestes sobre a Terra. A força de atração da Lua é duas vezes mais forte que a do Sol, devido à distância. Quando o Sol, a Lua e a Terra estão alinhados, a maré se torna extremamente alta e é chamada de maré de sizígia. A maré se torna bem mais baixa do que a média quando o Sol, a Lua e a Terra formam entre si um ângulo reto, a chamada maré de quadratura.

A superfície do mar raramente se apresenta lisa e tranquila; normalmente ela é sede de ondulações complexas que são as ondas, as quais, alimentadas pela energia do vento, podem crescer em comprimento, altura, celeridade e período.

As ondas são chamadas marulhos quando são chatas e regulares e, dependendo de sua altura, podem ser de pequenas va-

gas (1,5 m), de vagas (2,4 m) de grandes vagas (3,6 m), de vagalhões (de 5,5 a 10 m) e de grandes vagalhões (a partir de 10 m), segundo a Escala de Beaufort, que fornece a velocidade do vento verdadeiro e seu efeito sobre o mar.

O estado do mar pode também ser influenciado pelos movimentos e abalos ocorridos no assoalho oceânico. Na maioria dos casos, os terremotos no solo marinho podem desencadear ondas gigantescas (os *tsunamis*), que chegam a atingir de 10 m a 50 m de altura e arrasam as áreas próximas à costa (*tsunami* é uma palavra japonesa que significa “onda de porto”). Sob o ponto de vista energético, o potencial das ondas pode ser explorado, e vários projetos vêm sendo estudados no Japão, na Inglaterra e nos Estados Unidos.

O oceano e o clima

O homem, com a Revolução Industrial e a queima desbragada de combustíveis fósseis, naturalmente consome grandes quantidades de oxigênio atmosférico. Como essa reserva de combustíveis fósseis ainda poderá durar cerca de cem anos, não existe perigo iminente de uma alteração importante no teor de oxigênio da atmosfera.

O oxigênio, virtualmente, todo ele é originado da vida, e somente quando de sua transformação em ozônio, fortemente concentrado numa altitude de cerca de 30 km, passou a interceptar as radiações ultravioleta letais à vida, esta pôde emergir das águas e conquistar a terra firme. O oxigênio constitui cerca de 20,9% da atmosfera e é muito solúvel na água: quanto mais fria e menos salina, mais oxigênio a água pode conter em solução. Nas zonas de intensa produção orgânica, que são sobretudo as zonas em que as águas profundas afloram em ressurgência, o fitoplâncton produz tanto oxigênio que pode supersaturar a água superficial e levá-la a ceder oxigênio à atmosfera.

Quanto ao CO_2 , ele é também um produto da oxidação da matéria orgânica pelos animais e, como é solúvel na água, passa da atmosfera para o oceano. Além disso, a queima de combustível fóssil e de grandes áreas florestais, que caracteriza o mundo desde a Revolução Industrial, não apenas consome o oxigênio da atmosfera, mas nela introduz grandes quantidades de CO_2 , das quais aproximadamente 1/3 de toda essa substância liberada na atmosfera por atividades humanas é absorvido pelo oceano.

O CO_2 , bastante transparente às radiações curtas do Sol, é muito opaco às radiações longas (calor) da Terra, e quanto mais concentrado na atmosfera mais as reterá, impedindo o resfriamento da Terra e, pois, aquecendo-a. Isso irá produzir, como já está ocorrendo, o derretimento das calotas polares, com a elevação do nível do mar e a inundação de grande parte das margens dos continentes. Tal aquecimento também acarretará significativas mudanças climáticas, certamente provocadas por alterações oceanográficas e meteorológicas que irão ocorrer no regime de correntes marinhas e de ventos, no seu grau de intensidade e força, nos índices de evaporação da água do mar, com aumento exagerado da precipitação pluvial e na ocorrência de grandes períodos de estiagens.

Quando o CO_2 se dissolve na água, ela forma o ácido carbônico, cujo excesso altera o delicado equilíbrio químico dos mares. Altas concentrações de ácido na água podem afetar numerosos processos biológicos. O mais evidente deles é que o ácido dissolve o carbonato de cálcio, que compõe as conchas e os recifes de corais, o que poderá levar à sua extinção até o fim do século se medidas corretivas não forem adotadas. Aliás, começava-se a atribuir ao CO_2 as glaciações e fusões de gelo. Amostras de sedimentos do fundo do mar trouxeram pro-

vas conclusivas de que os ciclos das glaciações foram produzidos por variações da órbita da Terra (Science News, 1976).

Um dos principais problemas que o aquecimento global pode acarretar é o aumento da temperatura da água dos oceanos. Em princípio, as correntes marítimas quentes são úteis, mas oceanos mais quentes podem causar grande impacto sobre o clima terrestre, como um gigantesco estoque de calor. Massas de gelo nos polos e sobre a Groenlândia derreteriam, causando o aumento de vários metros no nível dos oceanos. A troca de massas de águas quentes e frias diminuiria, e correntes marítimas inteiras deixariam de existir. Ao mes-

mo tempo, uma quantidade maior de água evaporaria, e algumas regiões da Terra sofreriam com chuvas intensas e consequentes efeitos catastróficos. Essa mesma água iria faltar em outras regiões que hoje são férteis.

Segundo estudo da Nasa baseado nos resultados de análises de imagens captadas por

Segundo estudo da Nasa, a Antártica, a Groenlândia e o Alaska perderam cerca de 2 trilhões de toneladas de gelo nos últimos cinco anos, por causa do aquecimento global, o que tem efeito direto em todo o clima do planeta

satélite, apresentado em encontro da União Geofísica Americana, a Antártica, a Groenlândia e o Alaska perderam cerca de 2 trilhões de toneladas de gelo nos últimos cinco anos, por causa do aquecimento global. Desde 2003, quando o satélite Grace começou a captar as imagens, mais da metade da perda de gelo foi registrada na Groenlândia. Uma das principais

consequências da redução do gelo das regiões polares é o aumento do nível do mar e a elevação das temperaturas das águas, o que tem efeito direto em todo o clima do planeta.

A ATMOSFERA

Aspectos gerais

A atmosfera é o conjunto do ar mantido próximo da Terra

pela gravidade. Este se estende por cerca de 600 km em torno da superfície terrestre e é formado por quatro camadas distintas, cada uma com características particulares químicas, físicas e de temperatura⁽¹¹⁾(ver figura na 2ª capa). Na borda externa, há uma camada limítrofe, uma região de hidrogênio e hélio que, gradualmente, se funde

⁽¹¹⁾ As camadas que formam a atmosfera terrestre são: 1 – a troposfera – camada mais densa da atmosfera, estende-se por 8-14 km acima da superfície terrestre e contém 90% de todos os seus gases. Todo o estado meteorológico resulta de fenômenos que ocorrem nessa camada. A temperatura declina da média de 17°C na sua camada inferior para – 52°C na tropopausa (fronteira entre a troposfera e a estratosfera); 2 – a estratosfera e a camada de ozônio – estendem-se da borda da troposfera a 50 km acima da superfície terrestre. A temperatura é abaixo de zero, e a camada é mais seca e menos densa do que na troposfera. A estratosfera contém cerca de 9% de todos os gases da atmosfera. A fina camada de ozônio que absorve a radiação ultravioleta do Sol localiza-se na estratosfera superior a cerca de 25-50 km acima da superfície terrestre; 3 – a mesosfera – estende-se de 50 a 85 km acima da superfície terrestre. A temperatura é muito baixa, chegando a -100°C; 4 – a termosfera ou ionosfera – estende-se de 85 a 600 km acima da superfície terrestre. Partículas gasosas absorvem grande parte da energia do Sol e se aquecem, fazendo as temperaturas excederem a 1.700°C próximo à borda externa. A camada limítrofe da borda externa, chamada exosfera, estende-se até 9.500 km acima da superfície terrestre. Moléculas de hidrogênio e hélio tornam-se cada vez mais esparsas até fundirem-se com gases do espaço.

no espaço. A atmosfera absorve energia do Sol, recicla a água e outros elementos químicos, interage com forças elétricas e magnéticas, com importante influência sobre o clima, e protege a Terra da radiação de alta energia e do vácuo do espaço.

A formação da atmosfera está intimamente relacionada com a origem do oceano e com a própria formação da Terra. Houve época em que o planeta, quase certamente, era uma esfera fundida emanando gases, sem formar propriamente uma atmosfera. Era pequena e quente demais. Mesmo quando a temperatura de sua superfície desceu para cento e poucos graus centígrados e uma verdadeira atmosfera já existia, ela era completamente diferente da que hoje conhecemos. Além de todo o oceano se encontrar no ar

– mal a chuva tocava o solo, tornava-se vapor –, não havia oxigênio atmosférico livre. É possível que, na atmosfera inicial, elementos como o metano, amônia, dióxido de carbono e água possam ter existido, pois eles existiam sob a forma de gases gelados nos cometas, que devem ter colidido com a Terra, e talvez na poeira cósmica, cuja composição deve ter sido semelhante à nuvem inicial que deu origem ao sistema solar. Supõe-se, no entanto, que há cerca de 4,5 bilhões de anos, provavelmente devido a uma ex-

plosão solar, curta mas violentíssima, as atmosferas iniciais dos planetas próximos ao Sol e parte de suas superfícies recém-formadas teriam sido evaporadas: as atmosferas atuais seriam formações secundárias.

Desta forma, a atual atmosfera teria nascido de carbono, nitrogênio e água libertados pela própria Terra muito tempo depois de sua formação, já no seu processo de resfriamento⁽¹²⁾. O grande problema, no entanto, é explicar como apareceu o oxigênio livre. Ele não emerge em emanações vulcânicas pelo fato de que, mal ele aparece – formado por qualquer reação de redução que o liberte –, será capturado para oxidação, seja do enxofre, formando SO₂, seja do hidrogênio, formando H₂O, ou seja do carbono, formando CO ou CO₂. E, no entanto,

20,946% da atmosfera são formados de oxigênio livre. Para aparecer em tal quantidade, ele deve ter sido extraído de um óxido, e o óxido mais comum do planeta é a água. Outro seria o pouco CO₂ de origem vulcânica. Mas o que poderia ter extraído o oxigênio da água? A resposta a essa existência anormal de oxigênio na atmosfera pode ser encontrada ao se estudar outra anormalidade do planeta: a vida.

As plantas combinam CO₂ e H₂O na fotossíntese para produzir açúcar; ao fazê-

A atmosfera absorve energia do Sol, recicla a água e outros elementos químicos, interage com forças elétricas e magnéticas, com importante influência sobre o clima, e protege a Terra da radiação de alta energia e do vácuo do espaço

⁽¹²⁾ Até hoje, os vulcões libertam CO₂ e vapor d'água na atmosfera; nas épocas iniciais de formação da crosta, as explosões do magma subjacente e a emanação da crosta em resfriamento devem ter sido suficientes para libertar toda a água atual e o pouco CO₂. Mesmo o argônio deve ter vindo do decaimento do potássio radiativo da crosta. Quanto ao nitrogênio e ao hidrogênio, eles aparecem regularmente nos gases vulcânicos, mas a grande quantidade de nitrogênio tem como origem emanações minerais da crosta terrestre. O nitrogênio perfaz 78,084% da atmosfera terrestre.

lo libertam o oxigênio da água. Trata-se do oxigênio da água e não do CO_2 . A atividade diária da imensa massa de vegetais que, sob a luz do Sol e por meio da ação da clorofila, produz seu próprio alimento, é a responsável pela existência do oxigênio livre no ar. Esse oxigênio libertado, no entanto, com seu forte poder oxidante, não fica muito tempo no ar. Logo volta para os organismos vivos, que o usam para quebrar as moléculas de açúcar formadas na fotossíntese e obter energia. Ao contrário do nitrogênio livre, pouco reativo e quase inerte, o oxigênio atmosférico não para de circular dos organismos vivos para a atmosfera e de volta dela para os organismos vivos⁽¹³⁾.

Quando a Terra era jovem, a atmosfera continha muito mais dióxido de carbono que hoje, por causa da constante atividade vulcânica. O oxigênio (O_2), que hoje compõe praticamente 21% da atmosfera terrestre, era raramente encontrado naquela atmosfera primordial. A quantidade de dióxido de carbono na atmosfera tem diminuído gradualmente desde esses primórdios, enquanto a de oxigênio tem aumentado a cada dia. Entretanto, cientistas do mundo inteiro estão preocupados com o rápido aumento dos níveis de dióxido de carbono observado recentemente, resultante da industrialização, do crescimento populacional e do desmatamento de florestas tropicais.

Ao examinar a formação da atmosfera terrestre, verificamos que a proporção original de dióxido de carbono foi sendo gradualmente substituída pela do oxigênio. Uma

das razões para essa substituição teria sido a fotossíntese, conforme mencionamos; a outra sugere que as chuvas torrenciais teriam transportado o dióxido de carbono da atmosfera para os oceanos, onde teria ficado retido nas rochas sedimentares ricas em cálcio. Como resultado, a percentagem original de dióxido de carbono – que, na época em que a crosta fixa da Terra foi formada, pode ter sido bem alta, de até 95% – teria diminuído gradualmente até os valores atuais, de cerca de 1%, enquanto a de oxigênio teria aumentado até os 21%, atualmente. O primeiro indício de uma concentração maior de oxigênio na atmosfera terrestre provém da cor avermelhada da rocha sedimentar, devido ao óxido de ferro, isto é, à ferrugem.

A camada de ozônio – Poluição atmosférica

O ozônio (O_3) é um gás formado pela combinação de três átomos de oxigênio. Origina-se quando a radiação ultravioleta (parte da luz solar) atinge a estratosfera, dividindo as moléculas de oxigênio (O_2) em dois átomos (O). Estes logo se combinam com as moléculas de oxigênio comum e formam o ozônio. A camada de ozônio, que se forma a uma altura de 20 a 50 km da superfície da Terra, absorve a radiação ultravioleta, protegendo a Terra de seus efeitos nocivos. Ozônio vem da palavra grega *ozein*, cujo significado é “exalar odor”: o gás tem odor característico e é venenoso, agressivo e nocivo a plantas e construções, mesmo em pequenas quantidades. O ar, contaminado por ozônio, pode causar

⁽¹³⁾ Os cientistas têm observado que parece haver uma discrepância significativa entre o volume de O_2 livre que deveria haver na atmosfera, graças à fotossíntese, e o que realmente existe; há um excedente que não é justificado pelo volume atual de fotossíntese. Uma explicação está na indicação de que nem sempre o volume de plantas na Terra foi o atual. No subsolo encontra-se uma enorme quantidade de carbono reduzido, sob a forma de florestas fósseis e petróleo que, se fosse oxidado pelo O_2 livre na atmosfera, corresponderia ao excedente encontrado. Mesmo os outros componentes da atmosfera devem ter variado com o passar das eras. É provável que a quantidade de CO_2 tenha acompanhado a modificação da atividade vulcânica no tempo.

irritação nos olhos e problemas pulmonares. No entanto, a concentração de ozônio nas camadas inferiores da atmosfera, em geral, permanece relativamente baixa. Porém um aumento na concentração de ozônio pode acontecer durante certas estações do ano, como o verão, quando os gases provenientes dos escapamentos dos automóveis (que consistem em um mistura de nitrogênio e hidrocarbonetos) reagem com a luz solar, produzindo mais ozônio que o normal.

Na superfície terrestre, o excesso de ozônio está relacionado com a poluição do ar gerada pelos seres humanos; nas camadas mais altas da atmosfera, entretanto, os poluentes reduzem drasticamente a concentração desse gás. A camada de ozônio que envolve a Terra não é fixa e permanente. Ela flutua de acordo com mudanças de estação e longitude, mas como se fosse uma espécie de laboratório onde o ozônio é constantemente produzido e destruído. Não fosse isso, haveria uma produção excessiva de ozônio.

A produção e a decomposição do ozônio constituem um ciclo natural que tem acontecido por milhões de anos. Nas últimas décadas, entretanto, esse processo tem sido interrompido, gerando fenômenos irreversíveis como os buracos na camada de ozônio, inicialmente sobre a Antártica e, em seguida, nas regiões polares do norte. No final da década de 70 do século passado, cientistas britânicos registraram uma redução drástica na concentração de ozônio sobre a Antártica. Alguns acreditavam que o problema tinha origem em causas naturais (chuvas de meteoro, explosões solares ou erupções vulcânicas), enquanto outros perceberam que o equilíbrio entre a produção e

a decomposição do ozônio fora comprometido por atividades humanas. Uma teoria sugere que a redução do ozônio é causada pela emissão das aeronaves (jatos modernos voam a alturas por demais próximas à camada de ozônio); outra acredita que a principal fonte de substâncias prejudiciais à camada de ozônio se encontra provavelmente nas camadas mais baixas da atmosfera e é proveniente de atividades humanas. A atenção da comunidade científica tem se concentrado em um grupo particular de produtos químicos a que se atribui enorme efeito destrutivo: os hidrocarbonetos halogenados (que contêm cloro, flúor ou bromo), entre eles os clorofluorcarbonos – conhecidos como CFC. Durante décadas, esses com-

postos estáveis foram amplamente utilizados nas indústrias, em sistema de refrigeração, como propulsores em latas de aerossol e na produção de espumas isolantes, alumínio e semicondutores. Até onde se sabe, esses gases são inofensivos

quando liberados próximo à superfície terrestre, mas seus efeitos mudam radicalmente quando ascendem às camadas superiores da atmosfera. Tão logo o CFC chega à camada de ozônio, é quebrado pela radiação ultravioleta; então, cloro, bromo e flúor são liberados. Esses três elementos químicos causam reações em cadeia que destroem as moléculas de ozônio. O cloro tem o efeito mais desastroso: um átomo de cloro pode destruir até 10 mil moléculas de ozônio antes de se ligar a outra substância.

A redução de camada de ozônio resulta em efeitos catastróficos para a saúde humana e as atividades econômicas. Cálculos indicam que uma redução de 5% na concentração de ozônio pode causar um aumento de

A redução de camada de ozônio resulta em efeitos catastróficos para a saúde humana e as atividades econômicas

10% no índice de câncer de pele. Outros prováveis problemas de saúde incluem aumento de risco de queimaduras graves, doenças oculares e um enfraquecimento do sistema imunológico humano. Se a redução do ozônio continuar, fazendeiros terão de lidar com queda de suas colheitas – de até 20% em certos grãos sensíveis à radiação ultravioleta, como os de soja. Porém, mesmo se todas as medidas para prevenir uma redução adicional da camada de ozônio forem imediatamente tomadas, os cientistas temem que o pior ainda esteja por acontecer, uma vez que as substâncias prejudiciais levam anos para ascender à atmosfera⁽¹⁴⁾.

Nos últimos 25 anos, a camada de ozônio perdeu cerca de um décimo do seu conteúdo original, e tal tendência continua. Uma reversão perceptível acontecerá somente na metade deste século. Em meados da década de 1990, os cientistas notaram, pela primeira vez, uma redução das substâncias prejudiciais ao ozônio, no ar próximo à superfície terrestre. Como os gases levam em média três a quatro anos para alcançar a estratosfera, serão necessários muitos anos para que os resultados dessa redução sejam notados.

Nos últimos 25 anos, a camada de ozônio perdeu cerca de um décimo do seu conteúdo original, e tal tendência continua. Uma reversão perceptível acontecerá somente na metade deste século

A rápida redução da camada de ozônio sobre o Polo Sul pode estar relacionada com as temperaturas extremamente baixas no continente sul: as substâncias prejudiciais ao ozônio ficam armazenadas em partículas de gelo nas nuvens da estratosfera, de modo que baixas temperaturas tendem a intensificar o processo de redução do ozônio. Sobre o Polo Norte, a estratosfera é em média 10°C mais quente que a camada correspondente sobre o Polo Sul. Por esta

razão, a redução da camada de ozônio no norte está acontecendo mais devagar. Não obstante, em meados da década de 1990 as taxas desse gás medidas sobre o Ártico eram até 45% inferiores ao normal.

Efeito estufa

O efeito estufa é a função aquecedora da atmosfera. A atmosfera permite que a radiação solar, através de pequenos comprimentos de onda, penetre sem dificuldades na superfície da Terra. Entretanto, a radiação de grandes comprimentos de onda refletida pela superfície da Terra é absorvida e convertida em calor na atmosfera superior e então retorna imediatamente às camadas mais bai-

⁽¹⁴⁾ Em 1985, o primeiro acordo internacional foi assinado: a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio. Dois anos mais tarde, criou-se o Protocolo de Montreal sobre as Substâncias que Reduzem a Camada de Ozônio. Esses acordos impuseram restrições à produção e à utilização dos CFC e firmaram um compromisso mundial de bani-los em futuro próximo. A produção e a utilização dessas substâncias estão hoje proibidas em nações industrializadas, e foi estabelecida uma meta para o desenvolvimento e implementação de substitutos. Para os países em desenvolvimento, essa meta se estende à metade do século XXI. Entretanto, muitos países ainda produzem enormes quantidades de CFC, enquanto outros não aderiram aos termos do Protocolo. Em estudos da antiga União Soviética, por exemplo, os CFC aparentemente são produzidos em grandes quantidades e introduzidos ilegalmente em outros países. Apesar dos esforços internacionais para interromper o estrago, a atmosfera mais alta contém hoje cerca de 50% mais cloro do que o observado quando se verificou a redução de ozônio pela primeira vez.

xas de ar. O efeito estufa é, portanto, um fenômeno natural que ocasiona o aquecimento da superfície terrestre. A atmosfera terrestre funciona como a vidraça da estufa, na qual os raios solares penetram para aquecer a superfície da Terra. O teto de vidro permite que a luz do Sol chegue às plantas da estufa, tornando-a um lugar aquecido, mesmo quando faz frio do lado de fora. Sem o efeito estufa, a superfície do planeta seria congelante: a temperatura média seria provavelmente da ordem de 18°C abaixo de zero. O manto de ar da Terra atua como uma armadilha de calor permanente. O papel principal nesse processo é desempenhado por diversos gases, principalmente nitrogênio e oxigênio, com alguns traços de vários outros gases: o vapor d'água participa com uma proporção significativa, mas variável, enquanto o dióxido de carbono, o metano, o óxido nitroso, o ozônio e outros gases, denominados gases de estufa, compõem cerca de 0,01% do ar seco (ar sem vapor d'água). Os gases de estufa são conhecidos como “traços de gases”, por ocorrerem normalmente em quantidades bem pequenas na atmosfera. Obviamente, a quantidade de gases de estufa varia devido a causas naturais, como a atividade vulcânica, mas eles têm aumentado de forma alarmante.

As origens do problema residem na rápida industrialização, na devastação de florestas tropicais e no consumo cada vez maior de petróleo, gás natural, carvão e outros combustíveis fósseis. Por exemplo, a partir do início da industrialização, no final do século XIX, a emissão mundial de dióxido de carbono (CO₂), o principal gás do efeito estufa, aumentou cerca de 60 vezes desde 1860, quando aproximadamente 340 milhões de toneladas foram emitidos. O dióxido de carbono, que é venenoso para o homem, também se tornou muito mais concentrado devido à devastação das florestas. A razão disso está no fato de plantas e árvores, sobretudo em

Sem o efeito estufa, a superfície do planeta seria congelante: a temperatura média seria provavelmente da ordem de 18°C abaixo de zero

crescimento, consumirem o CO₂ da atmosfera, atuando como depósito de lixo tóxico no ciclo de CO₂. Se há menos vegetação, em particular no cinturão crítico da floresta equatorial, então menos dióxido de carbono será reciclado, aumentando sua concentração na atmosfera. Com os outros gases de estufa, como metano ou ozônio, a situação é ainda mais dramática: eles representam cerca de 15% da destruição do equilíbrio energético da Terra pelos homens.

O dióxido de carbono, que é venenoso para o homem, também se tornou muito mais concentrado devido à devastação das florestas

As florestas que poderiam ser utilizadas para consumir o gás estão diminuindo a uma velocidade alarmante, o que se aplica particularmente às florestas tropicais, as

maiores consumidoras de dióxido de carbono (e fornecedoras de oxigênio) do planeta. Quando as florestas equatoriais são convertidas em pasto ou terra cultivada, seu consumo de CO₂ cai cerca 25%.

O aquecimento generalizado, decorrente do aumento do conteúdo de dióxido de carbono na atmosfera, também resultará em au-

mento do conteúdo de vapor d'água no ar. Sendo o vapor d'água um gás de estufa, as barreiras à irradiação de calor se tornariam mais fortes, e o aquecimento da atmosfera inferior ainda mais drástico. É possível que esse processo possa acelerar o aquecimento global, estimado de 2°C a 3°C. Esse aumento de 2°C a 3°C traria consequências mais sérias às regiões polares, pois as geleiras derreteriam, causando ainda maiores retenções de energia solar na “armadilha” de calor terrestre, uma vez que o gelo e a neve refletem mais raios solares que grama ou rocha.

O CLIMA E O AQUECIMENTO GLOBAL

O clima – Aspectos gerais

O clima ocorre na troposfera, camada da atmosfera mais próxima da superfície terrestre. Resulta de um conjunto de condições físicas diversas, como temperatura, velocidade e direção do vento, pressão atmosférica, precipitação e umidade, que ocorrem em um determinado lugar ou região a um determinado tempo⁽¹⁵⁾.

A pressão atmosférica é a chave para a explicação das condições atmosféricas globais. Pode-se defini-la com a força exercida

pelo peso da atmosfera num determinado ponto da Terra, e é extremamente variável.

Devido à irradiação solar e à rotação da Terra, as massas de ar da atmosfera estão sempre em movimento. Elas se espalham por todo o planeta, em zonas de alta e baixa pressões atmosféricas, alternando-se constantemente. O vento (ar) flui de áreas de alta pressão para áreas de baixa pressão. Quando o sol aquece uma área de ar da superfície terrestre, esse ar se expande, fica mais leve e sobe. O ar ascendente exerce menos pressão que o ar estático ou o ar descendente e, assim, dá origem a uma área de alta pressão. O ar mais frio e pesado de uma área de alta pressão circula atraído pela baixa pressão e preenche o vazio deixado pelo ar mais quente, formando então o vento.

Quanto mais próxima estiver a área de alta pressão da área de baixa pressão, ou quanto maior for a diferença de pressão ou temperatura entre as duas áreas, mais rápido o vento se desloca. Já as chuvas ocorrem quando o ar quente ascendente transporta vapor d'água para cima, onde esfria, formando gotículas em torno de partículas de poeira atmosférica. Essas gotas se congelam e viram cristais de gelo; estes, quando se tornam muito pesados, começam a cair. Na precipitação, ao se encontrarem com o ar mais quente, os cristais de gelo se derretem e formam go-

⁽¹⁵⁾ Antigamente pensava-se que a atmosfera era uma massa de ar que circulava em torno do globo, segundo correntes muito bem definidas. Entretanto, essa concepção já foi há muito tempo abandonada. Sabe-se hoje que o clima de uma região é uma complexa composição de muitos fatores, que se influenciam reciprocamente. A causa inicial da distribuição da temperatura na atmosfera e, consequentemente, da distribuição das chuvas é a radiação solar. Observa-se que existem regiões onde há excesso de calor e outras onde há escassez. As regiões equatoriais recebem uma quantidade de radiação solar muito maior do que as zonas polares. Porém existe um mecanismo de compensação traduzido por uma transmissão de grandes quantidades de calor das latitudes mais baixas para as mais altas. Os fatores responsáveis por essas transferências são: os ventos e, em menor escala, as correntes marítimas. Assim como as correntes marítimas são bem definidas nos oceanos, também na atmosfera há correntes áreas que se deslocam com regularidade. Uma delas é a dos ventos alísios – conhecida há muito tempo e aproveitada na navegação a vela. O quadro geral desses movimentos de ar, obtido pelo estudo dos valores médios da velocidade dos ventos e pela direção geral em que sopram, é denominado circulação geral da atmosfera. Além dos fatores ventos, correntes marítimas e radiação solar, que entram como variáveis na composição do clima, há outros que vão influenciá-lo mais ou menos intensamente, sendo os principais a latitude, a altitude, a distância do mar, o índice pluviométrico e a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera.

tas de chuva. Quando o vapor d'água se congela e torna-se cristais de gelo em nuvens frias, esses cristais atraem as gotas d'água, aumentando de tamanho e peso. Acabam por se tornar bastante pesados e caem e, se o ar for muito frio, precipitam-se até a superfície da Terra como neve, isto é, sem se derreter. Já a formação de flocos de neve depende da temperatura do ar. Quando a água congela, suas moléculas – cada uma composta de dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio – unem-se em padrões hexagonais; por isso os flocos de neve apresentam sempre seis lados. No ar mais frio, vários deles se juntam e caem em forma de agulha ou bastão.

Quando existem grandes diferenças de temperatura entre as diversas camadas de ar, as tempestades podem ocorrer. Logo após extensos períodos de bom tempo, o ar próximo ao solo, quente e úmido, pode subir verticalmente para as camadas mais frias (fig. 3).

Desse modo, formam-se primeiro gotículas de água e, em seguida, cristais de gelo. As turbulentas correntes de ar provocam o atrito entre os cristais de gelo, e as cargas elétricas das moléculas de água se separam: as partículas de carga positiva ascendem e as de carga negativa descem. A diferença de tensão entre as duas se intensifica até provocar uma descarga elétrica – o relâmpago – entre a carga negativa da nuvem e o solo de carga positiva. Segue-se então uma descarga de volta do solo para a nuvem. A segunda descarga produz um raio⁽¹⁶⁾ ou clarão de luz – o relâmpago. O trovão é um efeito do relâmpago. O clarão do raio do relâmpago superaquece o ar, fazendo-o expandir-se mais rápido que a velocidade do som (1.238 km/h), o que provoca o alto estrondo sônico, ou trovoada.

Um furacão ocorre se a tempestade envolver grandes massas de ar, com movimen-

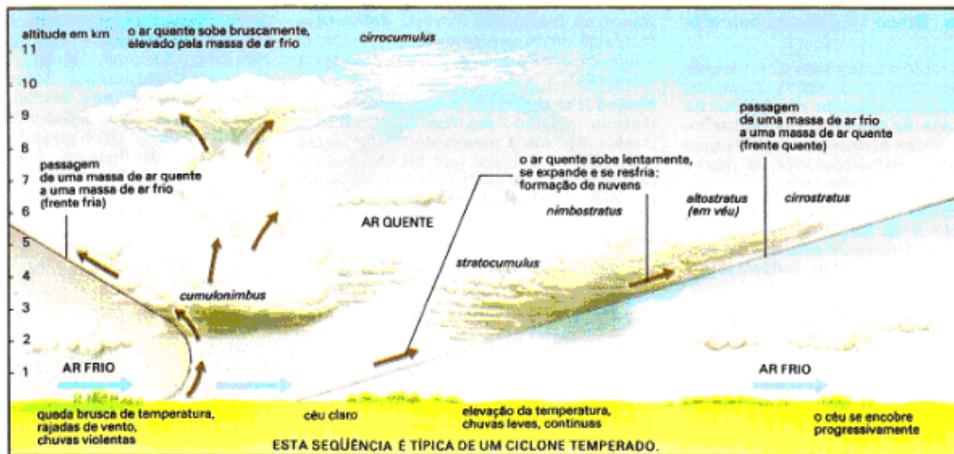


Fig. 3

⁽¹⁶⁾ Os raios não se projetam do céu para a terra, mas da terra para o céu. Numa fração de um milésimo de segundo, os raios descarregam correntes da ordem de 20 mil amperes, com campos elétricos de 200 mil V/m. Por meio da pré-descarga anterior ao raio principal, forma-se um canal de raio ao longo do qual moléculas de ar são ionizadas e raios estimulados. Canais de raio podem mudar de direção infinitamente, dando forma ao zigue-zague da descarga principal. Entre as nuvens de tempestades e a superfície terrestre, os raios atingem em média cerca de 1 km a 2 km de comprimento. Entre as nuvens, a descarga se expande de 5 km a 7 km. Em casos isolados, podemos observar raios de até 140 km de extensão. O diâmetro de um canal de raio raramente excede a 1 cm.

to em espiral em áreas de baixa pressão extrema, e ventos de velocidades superiores a 119 km/h ou 64 nós. Os ventos giram em sentido anti-horário no hemisfério norte e em sentido horário no hemisfério sul. Os furacões são assim chamados nos Estados Unidos e no Caribe, mas recebem outros nomes dependendo de sua localização: ciclone, sobre o Oceano Índico, sudeste do Pacífico e Austrália; e tufões no nordeste do Pacífico e no continente asiático. Já os tornados são redemoinhos de vento de pequena escala, mas muito fortes e comuns nos Estados Unidos. Podem formar-se em sistemas atmosféricos de baixa pressão. Em fortes temporais com trovoadas, a parte inferior de uma grande nuvem de tempestade por vezes inicia uma queda em espiral. Ao atingir o solo, esse ar em rotação transforma-se em tornado. Em geral, os tornados têm cerca de 400 m de diâmetro, mas são muito destrutivos. Precipitam-se a velocidades de 30 a 60 km/h, e os ventos em seu interior podem circular a quase 300 km/h. Os tornados costumam vir acompanhados de chuva pesada e trovoadas.

As nuvens pairam em geral (mas não exclusivamente) na troposfera, a camada de ar mais próxima da superfície terrestre, e com uma altura média de 12 km, onde existe uma constante interação entre ventos, raios solares, pressão atmosférica, condensação e evaporação, fenômenos que contribuem para a diversidade das formas de nuvens. Estas se formam em pequenas aglomerações ou são dispersas pelo vento em amplas áreas.

Na maioria dessas áreas, formam-se repetidamente determinados tipos de concentrações nebulosas; mas, em tese, em qualquer lugar da Terra podem existir nuvens de todas as formas. O estudo das nuvens, conhecido também como nefologia, faz parte do campo da meteorologia. Ao longo de todas as camadas atmosféricas, distribuem-se cerca de 27 tipos de nuvens. Esses tipos variam desde nuvens pequeninas e brancas até as montanhas escuras e ameaçadoras que prenunciam tempestades. Todas as nuvens consistem, sobretudo, em cristais de gelo e gotículas de água⁽¹⁷⁾.

O instrumento que mede a velocidade dos ventos é o anemômetro (termo que deriva da palavra grega *anemo*, que significa vento). Os anemômetros registram a velocidade do vento em metros por segundo, ou em nós. Mas a ideia de se determinar as forças do vento de acordo com um sistema universal e simples se deve ao almirante inglês Francis Beaufort (1774-1857). Em 1806, ele classificou os ventos em 13 níveis, de acordo com as observações dos seus efeitos em terra e no mar. A escala compreende desde total calmaria, com espelho-d'água imóvel (zero Beaufort), até o furacão, com mar revolto e espumas (doze Beaufort).

As estações do ano

A origem das estações (primavera, verão, outono e inverno) está na inclinação do eixo da Terra, em sua órbita ao redor do

⁽¹⁷⁾ Os principais tipos de nuvens são: Cirrus – nuvens altas, constituídas de filamentos brancos de gelo, que se formam em tempo bom; Cúmulus – nuvens brancas arredondadas, de média altitude, constituídas de água e gelo, em geral associadas a tempo bom; Cúmulus-nimbus (cúmulus de trovão) – nuvens escuras abauladas, constituídas de água, provocam, muitas vezes, tempestades com trovoadas; Estratus – nuvens horizontais e baixas, constituídas de gotas de água, às vezes produzem chuvas leves ou chuvisco (neblina é uma nuvem estratus em altitudes bem baixas); Nimbus-Estratus – nuvens bastante baixas e escuras, carregadas de chuva.

Ocorrem ainda outras combinações de nuvens: cirrus-cúmulus; cirrus-estratus; estratus-cúmulus; alto-estratus e alto-cúmulus.

Sol. O eixo de rotação do planeta não é perpendicular ao plano da órbita da Terra: existe uma inclinação de 23,5°. Quando o Polo Norte está voltado para o Sol é verão no hemisfério norte e inverno no sul. Quando o Polo Sul está virado para o Sol, a situação é oposta.

A Terra gira em torno do seu eixo uma vez a aproximadamente 24 horas, enquanto percorre a órbita em torno do Sol. Devido à inclinação do eixo e à órbita, os dias e as noites têm duração desigual, exceto nos equinócios de primavera e outono. Equinócio é o ponto da órbita da Terra para o qual se verifica igual duração dos dias e das noites. Os equinócios ocorrem nos dias 21 de março (equinócio do outono) e 23 de setembro (equinócio da primavera). Já os solstícios são os mais longos e curtos dias do ano, isto é, o dia com maior quantidade de luz diurna e o dia com menor quantidade. No hemisfério norte, o solstício de verão ocorre em (ou por volta de) 21 de junho, e o solstício de inverno em (ou por volta de) 21 de dezembro. O contrário sucede no hemisfério sul.

As latitudes ao redor do equador ficam mais ou menos à mesma distância do Sol, durante o ano todo, e por isso sofrem pequena variação de temperatura. Como a Terra se inclina, a variação de temperatura aumenta com a latitude. Em torno do equador prevalecem os climas tropical e subtropical, que são uniformemente quentes; nas latitudes mais altas, ocorrem os climas temperados, que apresentam maior variação sazonal; e os extremos norte e sul sofrem intenso frio no inverno.

O aquecimento global – Efeitos, consequências e previsões

Em sua totalidade, o planeta Terra representa um imenso ecossistema, com sua parte física e sua parte biológica. E, como todo ecossistema, tem os seus três ciclos: o de energia, o de carbono e o de nitrogênio. O ciclo de carbono começa com a absorção do CO₂ pelos vegetais (fotossíntese) e sua transformação em matéria orgânica. Continua depois com esses vegetais servindo de alimento aos herbívoros, que, por sua vez, fornecem o carbono orgânico (alimento) aos

carnívoros. Cada vez que as plantas respiram, isto é, cada vez que elas usam os alimentos fabricados pela fotossíntese, assim como cada vez que os animais respiram, isto é, usam os alimentos que tiraram das plantas, certa quantidade de CO₂ volta ao ambiente, de onde tornará a ser retirada pelas plantas, o que fecha o

O aquecimento global é consequência da atuação humana sobre os componentes físicos e biológicos do ecossistema da Terra, alterando-os significativamente, ou seja, desequilibrando-os

ciclo. O ciclo de nitrogênio é análogo. A morte dos organismos ou seus excrementos devolvem o nitrogênio ao ambiente, onde ele volta a ser aproveitado pelas plantas.

Quanto ao ciclo de energia, começa com a entrada dos fótons de luz nos vegetais. Depois, cada vez que plantas e animais respiram (estes consumindo alimentos que vêm das plantas), parte da energia é aproveitada por eles, mas parte é perdida para o ambiente sob a forma de entropia, isto é, de energia não aproveitável. Ela se dispersa no ambiente sob a forma de calor.

Cada vez que variam as constantes físicas de um ecossistema – luz, umidade, nitratos, gás carbônico, temperatura –, ime-

diatamente ocorre um desequilíbrio entre os componentes da biomassa. O aquecimento global é consequência da atuação humana sobre os componentes físicos e biológicos do ecossistema da Terra, alterando-os significativamente, ou seja, desequilibrando-os.

A queima de combustíveis fósseis, a devastação das florestas e a poluição atmosférica são os principais responsáveis pelo aumento excessivo dos gases do efeito estufa na atmosfera, sobretudo do CO₂. Esses gases vêm retendo o calor provocado pelas radiações solares (longas), impedindo o resfriamento da Terra e, portanto, aquecendo-a. Esse aquecimento provocará um aumento generalizado das temperaturas, com alterações significativas no clima.

Estima-se que as mudanças climáticas terão um efeito devastador sobre as florestas de todo o mundo e para quase um bilhão de pessoas que, para viver, dependem desses ecossistemas.

Presume-se também que, no final do século, as temperaturas nas regiões tropicais da África, da Ásia Meridional e da América Central estarão subindo num ritmo mais elevado do que a média. A Amazônia também estará em perigo, e há grande risco de se transformar em savana. O estudo do Centro Internacional de Investigação Florestal

(Cifor, da sigla em inglês) aponta ainda que a precipitação anual em grande parte da América Central diminuirá e a intensidade máxima dos ventos causados pelos ciclones tropicais, na Ásia, aumentará. Devido à sua capacidade de absorver CO₂ da atmosfera, as florestas poderiam ser parte importante da solução para evitar as mudan-

ças climáticas. Se forem destruídas, o crescente aumento do volume de CO₂ na atmosfera vai contribuir ainda mais para provocar efeitos bem mais devastadores no clima da Terra.

Por outro lado, estudo publicado na revista *Science* alerta para os efeitos catastróficos que terão sobre os cultivos agrícolas, nas zonas tropicais e subtropicais, o rápido aumento das temperaturas até o fim deste século. Se não houver uma adaptação ao novo clima, metade da população mundial, em 2100, sofrerá com a escassez de alimentos. Produtos primários, como o trigo, por exemplo, poderão sofrer uma redu-

ção de 20% a 40% e, provavelmente, haverá restrições quanto ao abastecimento de água.

No que se refere ao nível do oceano, as estimativas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), feitas em 2007, prevendo uma elevação de 59 cm desse nível até 2100, já estão defasadas.

Presume-se também que, no final do século, as temperaturas nas regiões tropicais da África, da Ásia Meridional e da América Central estarão subindo num ritmo mais elevado do que a média. A Amazônia também estará em perigo, e há grande risco de se transformar em savana

★ ★ ★

Se não houver uma adaptação ao novo clima, metade da população mundial, em 2100, sofrerá com a escassez de alimentos

Novos dados anunciados durante uma conferência sobre o clima realizada em Copenhague, na Dinamarca, em março deste ano, preveem uma elevação média em torno de 1 metro, quase o dobro do previsto anteriormente. Caso se confirmem as mais recentes projeções sobre a elevação do nível do mar decorrente do degelo no Ártico, na Groenlândia e na Antártica, causada pelo aquecimento global, cidades como Londres, no Reino Unido, e Alexandria, no Egito, vão sofrer constantes inundações e países insulares, como as Maldivas, no Oceano Índico, poderão simplesmente desaparecer do mapa em 2100. Além disso, o derretimento de uma das maiores áreas congeladas da Terra, como a Antártica, pode alterar o campo gravitacional do planeta, bem como a sua rotação no espaço, de tal maneira que causaria uma elevação do nível dos mares em algumas áreas costeiras, bem mais acelerada do que a média global. Um estudo feito sobre a desintegração da cobertura de gelo da parte ocidental da Antártica

revelou que, se isso ocorresse, alteraria o foco do campo gravitacional do planeta. Se a cobertura de gelo dessa parte do continente antártico desaparecesse, a perda de uma quantidade tão grande de massa no hemisfério sul faria a força de gravidade mais forte no hemisfério norte, afetando a rotação da Terra e fazendo com que o nível do mar subisse mais no norte do que no sul, onde se encontra atualmente a massa de gelo. Os cientistas estimam que a elevação seria de 3,3 metros em média, mas a

alteração na rotação terrestre criaria situações ainda mais catastróficas, pelo menos no hemisfério norte.

Por outro lado, algumas das mais conhecidas espécies do planeta, verdadeiros representantes da sua biodiversidade, como golfinhos, baleias, tartarugas marinhas e ursos-polares, poderão sofrer grandes perdas ou até mesmo desaparecer caso não se combata eficiente e urgentemente os efeitos do aquecimento global. Tais efeitos devem provocar eventos climáticos mais frequentes, como tempestades, furacões, secas e inundações, e muitas espécies não terão condições de se deslocar com a rapidez necessária

para sobreviver. Dentro desse panorama, animais que vivem em regiões sensíveis ao aquecimento global, como os ursos-polares, poderão desaparecer dentro de um prazo de 75 anos. Entre as espécies ameaçadas são citadas tigre-de-bengala, pinguins-imperadores, orangotangos e elefantes africanos. Essas previsões foram feitas pelo Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC)

Pode-se afirmar que já existe um consenso entre a maioria dos cientistas de que o aquecimento global é causado pelo homem, e muitos países já começaram a tomar providências com o propósito de reduzir as suas emissões de gases do efeito estufa

da ONU.

No entanto, pode-se afirmar que já existe um consenso entre a maioria dos cientistas de que o aquecimento global é causado pelo homem, e muitos países já começaram a tomar providências com o propósito de reduzir as suas emissões de gases do efeito estufa. Na 14ª Conferência das Partes da Convenção de Mudanças Climáticas da ONU, em Poznan, na Polónia, em dezembro de 2008, os países europeus prometeram cortes consideráveis nas suas emissões de CO₂, mas

só o Reino Unido já aprovou uma lei nesse sentido, a qual prevê uma redução de 80% das emissões até 2050. No final da Conferência, que se encerrou em 12 de dezembro de 2008, o Reino Unido anunciou uma contribuição de 100 milhões de libras para o combate ao desmatamento. O plano britânico – o primeiro do mundo destinado exclusivamente à proteção das florestas tropicais – inclui 15 nações, entre financiadoras (Alemanha, França, Noruega, além do Reino Unido) e beneficiadas (como o Brasil e a Indonésia, terceira maior poluidora do mundo devido às queimadas).

Apesar de a comunidade internacional já ter despertado para a necessidade de enfrentar o problema e atacar as causas do aquecimento global em seus países, alguns cientistas e políticos ainda acreditam que não há razões para as previsões alarmistas e que a própria natureza poderá se autoajudar. Sob o ponto de vista prático, no entanto, isso é impossível. As florestas, que poderiam ajudar para

consumir o gás carbônico, estão sendo destruídas por queimadas ou derrubadas, seja para conversão em pasto ou terra cultivada, seja até para abrigar projetos habitacionais como alojamento para uma população humana em constante crescimento. Também 90% de toda a atividade industrial no planeta usam, como energia, o petróleo, o gás natural, o carvão ou outros combustíveis fósseis, e esse consumo, para atender ao próprio desenvolvimento industrial, não para de crescer. Con-

vém acrescentar, ainda, que a quase totalidade da frota mundial de transportes, rodoviários, ferroviários e marítimos é movida a combustíveis fósseis, cujos gases de escapamento de suas máquinas constituem os principais responsáveis pelo aquecimento global. A própria dieta humana baseada no consumo de carne de bovinos e suínos tem um impacto significativo no aquecimento do planeta. A diminuição da criação desses animais seria uma forma natural de diminuir as emissões. Pode não parecer óbvio de imediato, mas a criação intensiva de animais tem um grande impac-

to no clima. Em primeiro lugar porque quanto mais a dieta for baseada no consumo de carne, maior terá que ser a criação e, portanto, a área que deixaria de ser ocupada por vegetação – que naturalmente absorve carbono. Além disso, para alimentar os animais, há uma ampliação no cultivo de grãos, o que geralmente demanda o uso de energia geradora de emissões poluentes. Por último, não menos importan-

te, há a questão da flatulência. O principal gás expelido pelos extensos rebanhos mundiais é o metano – um dos principais responsáveis pelo efeito estufa. Esse estudo, que foi realizado por especialistas da Agência de Impacto Ambiental da Holanda, conclui que se a população mundial passar a seguir uma dieta pobre em carne vermelha – definida como 70 gramas de carne bovina e 325 gramas de frango e ovos por semana – cerca de 15 milhões de quilômetros quadrados de área ocupada pela criação de ani-

No que se refere à Floresta Amazônica, um trabalho conduzido por pesquisadores do Hadley Centre, na Inglaterra, vem mostrar que a floresta vai sofrer danos inevitáveis, ainda que se consiga limitar o aumento das temperaturas globais em torno de 2°C

mais seriam liberados para vegetação. As emissões de gases do efeito estufa seriam reduzidas em 10% com a queda do número de animais. Juntos, esses impactos poderiam reduzir em cerca de 50% os custos do combate às mudanças climáticas em 2050. Os cientistas sugerem que, para ajudar os consumidores, o custo ambiental da carne ou o volume de emissões de CO₂ e metano por porção seja incluído nos rótulos.

No que se refere à Floresta Amazônica, um trabalho conduzido por pesquisadores do Hadley Centre, na Inglaterra, um dos mais respeitados centros de pesquisas climáticas do planeta, vem mostrar que a floresta vai sofrer danos inevitáveis, ainda que se consiga limitar o aumento das temperaturas globais em torno de 2°C, teto para todas as atuais negociações sobre o clima. Com isso, além da perda de biodiversidade, a Amazônia teria reduzida a sua capacidade de absorver CO₂, agravando ainda mais o aquecimento global. O estudo mostra que os impactos das mudanças climáticas na Amazônia

podem ser bem maiores do que o imaginado. À medida que as temperaturas continuarem subindo ao longo deste século, os estragos vão se acumulando, não sendo sentidos de forma óbvia agora, mas se apresentando no futuro. A razão disso, explicam os pesquisadores do Hadley Centre, é a chamada inércia da floresta, um fenômeno que faz com que impactos demorem muito tempo para atingir todo o seu potencial, dentro do ecossistema. Por causa disso, a Floresta Amazônica vai sofrer perdas inevitáveis, entre 20% e 40%, mesmo que as emissões de

CO₂ sejam estabilizadas. Já com elevações acima de 4°C, a perda seria catastrófica e poderia chegar a 85%.

Segundo os pesquisadores, o mesmo fenômeno se aplica aos oceanos, o que explicaria previsões de que o nível do mar continuará a subir por alguns anos, mesmo que as emissões de CO₂ sejam controladas. Aliás, alguns cientistas acreditam que os oceanos podem ser muito importantes no controle das emissões, uma vez que a sua capacidade de armazenamento de CO₂ é 60 vezes maior do que a de todas as plantas, e, quanto mais fria a água, mais CO₂ podem absorver. O problema então reside no aquecimento da atmosfera e,

consequentemente, no dos oceanos, o que reduz nestes a capacidade de armazenar CO₂.

No Brasil, no início de dezembro de 2008, foi assinado pelo Presidente da República o Plano Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), que estabelece metas ambiciosas de redução de emissão de gás carbônico. A principal é a redução

escalonada do desmatamento da Amazônia até 2017, com o objetivo de evitar a emissão de 4,6 bilhões de toneladas de gás carbônico, uma queda de 70% do nível hoje registrado. O plano brasileiro foi apresentado pelo ministro do Meio Ambiente na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, em dezembro no ano passado, na Polônia.

Por outro lado, importantes setores da sociedade brasileira – instituições empresariais, acadêmicas e ambientais – que participaram dos diálogos setoriais, promovidos

No Brasil, no início de dezembro de 2008, foi assinado pelo Presidente da República o Plano Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), que estabelece metas ambiciosas de redução de emissão de gás carbônico

pelo Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, para prestar contribuições e dar representatividade e consistência à iniciativa do Governo Federal, sentiram-se frustrados com a primeira versão do documento. Contrariamente à expectativa de todos os setores envolvidos na discussão, a primeira versão do PNMC não traça as linhas centrais de políticas públicas e privadas em relação ao clima. Não estabelece também metas objetivas para o desmatamento zero, que deveria ser a principal meta a ser atingida. Estas observações foram feitas pelo presidente-executivo do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), que observa ainda: caso o texto permaneça difuso, o País corre sério risco de perder a posição de pioneirismo e liderança conquistada no processo de construção do Protocolo de Kyoto, hoje transformado em tratado global, e poderá ficar subordinado a decisões de países emergentes, cada vez mais poluentes, como China e Índia, e pouco engajados no combate às mudanças climáticas.

O setor empresarial brasileiro, em parceria com ONGs ambientalistas e instituições de ensino, tem amadurecido progressivamente na discussão desse assunto e já vem adotando medidas práticas. Em 2007, foi lançado o Pacto de Ação em Defesa do Clima, documento inédito elaborado e proposto pelo CEBDS. No pacto, grandes empresas e ONGs ambientalistas de reputação, como o Greenpeace, assumiram o compromisso de mobilizar a sociedade para reduzir os níveis de emissões no País e contribuir para o cumprimento das metas da Convenção Mundial do Clima, segundo a qual a elevação da temperatura média do planeta não poderá ultrapassar 2°C até 2100. Em 2008, o CEBDS e a Fundação Getúlio Vargas lançaram o Protocolo de Gases de Efeito Estufa (GHG Protocol), permitindo que empresas e governos possam utilizar a ferramenta mais

moderna e confiável para medição de emissões de gases indutores do aquecimento global. Segundo o presidente-executivo do CEBDS, o PNMC deve, portanto, não só procurar convergir para o consenso democrático, dando direito a voz e voto a diferentes setores da sociedade, mas também enunciar uma política energética para o País, valorizando seus principais ativos – matriz limpa, biodiversidade, biocombustíveis.

Mas, de acordo com estudos efetuados pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), mesmo que fosse alcançada uma redução de 80% nas emissões de CO₂ até 2050, a temperatura do planeta subiria quatro graus. Por isso, alguns ambientalistas acham que essa meta deve ser antecipada para 2020. Com um aumento de temperatura dessa ordem, a elevação do nível dos oceanos seria preocupante, uma vez que o derretimento do Ártico e da Groenlândia poderia elevar esse nível para, no mínimo, 25 metros, o que atingiria todos os países que têm grandes costas marítimas, como o Brasil. Isso forçaria a migração das populações litorâneas para o interior, em meio à falta de alimentos. O derretimento de geleiras afetaria cerca de 2,5 bilhões de pessoas, especialmente na China e na Índia. A ocorrência de secas poderia acontecer na América Central, provocando ondas de migrações para os Estados Unidos e destes para o Canadá.

Os cientistas alertam também sobre as emissões naturais do metano para a atmosfera, causadas pelo degelo. Segundo eles, em quantidade seis vezes maior do que tudo que a humanidade produziu desse gás até hoje. Um comandante de navio russo, ao navegar pelo Ártico, testemunhou que a água borbulhava pelo escapamento do metano, entre os blocos de gelo que se desintegram.

Juntando-se aos esforços internacionais de combate aos efeitos do aquecimento global, o Japão lançou um satélite chama-

do Gosat (Observação do Efeito Estufa por Satélite, na sigla em inglês), cuja missão é analisar a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera, monitorando o seu volume. O Gosat vai mapear os gases do efeito estufa a uma altitude de mais de 600 quilômetros da Terra, ao longo de cinco anos de missão. O satélite japonês tem a companhia de um satélite americano, o OCO (Observatório Orbital de Carbono, na sigla em inglês), lançado pela Nasa com o objetivo de verificar em detalhes a concentração de CO₂ próximo à superfície da Terra, onde o efeito do aquecimento é mais sentido, e apontar os principais locais na atmosfera onde o CO₂ é mais absorvido, os chamados sorvedouros. Sabe-se que a Terra absorve cerca de 50% do CO₂ liberado na atmosfera, a maior parte indo para os oceanos e florestas. Mas os demais sorvedouros são ainda pouco conhecidos. O Gosat e o OCO vão tentar medir quantidades semelhantes de CO₂, mas seus objetivos científicos diferem um pouco. O OCO busca encontrar os principais sorvedouros de CO₂, enquanto o Gosat vai tentar identificar e monitorar as suas fontes.

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente, com o Ministério de Ciência e Tecnologia e o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, lançou o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, que contará com elevado número de cientistas e elaborará estudos de vulnerabilidade regionais às mudanças climáticas, entre outros temas de importância ligados ao assunto, ao meio ambiente e ao aquecimento global.

É oportuno registrar que o PNMC contém um programa de troca de geladeiras (10 milhões), com o objetivo de eliminar os gases do grupo cloro-flúor-carbono (CFC), que destroem a camada de ozônio e são um forte agente do efeito estufa. Possui, ainda, um programa de incentivos ao uso de energia eólica e ao aquecimento solar, que prevê uma redução de 820 mil toneladas de CO₂.

No que se refere aos combustíveis fósseis, as principais fábricas de automóveis em todo o mundo (Alemanha, França, Itália, Estados Unidos, Japão e Coreia do Sul) já estão testando veículos movidos a combustível de hidrogênio ou a pilha de hidrogênio (com motor elétrico), sem emissão de poluentes. Em futuro próximo, portanto, o hidrogênio poderá substituir o petróleo como matriz energética, liberando a atmosfera da dramática poluição causada pelos gases resultantes da queima do petróleo e seus derivados. Apesar de tudo indicar que essa fonte de energia será provavelmente mais cara do que as atuais, restará imbatível a vantagem própria do hidrogênio, pela sua incapacidade de ser prejudicial ao meio ambiente, como normalmente acontece com qualquer outro combustível. O fato de o PNMC incentivar a retomada das hidroelétricas e procurar impulsionar o uso de energia eólica não dispensa o Brasil de se juntar aos esforços internacionais relativos ao uso do hidrogênio como combustível, como fez atualmente ao se juntar ao grupo de países que integram o Iter (International Thermonuclear Experimental Reactor), que pretende não só investigar a

Em futuro próximo o hidrogênio poderá substituir o petróleo como matriz energética, liberando a atmosfera da dramática poluição causada pelos gases resultantes da queima do petróleo e seus derivados

vel a vantagem própria do hidrogênio, pela sua incapacidade de ser prejudicial ao meio ambiente, como normalmente acontece com qualquer outro combustível. O fato de o PNMC incentivar a retomada das hidroelétricas e procurar impulsionar o uso de energia eólica não dispensa o Brasil de se juntar aos esforços internacionais relativos ao uso do hidrogênio como combustível, como fez atualmente ao se juntar ao grupo de países que integram o Iter (International Thermonuclear Experimental Reactor), que pretende não só investigar a

fusão termonuclear controlada, mas principalmente verificar a possibilidade de obtenção de nova fonte de energia.

Com uma população humana acima de 6,1 bilhões, e sempre em crescimento, torna-se efetivamente muito difícil manter o equilíbrio necessário entre as diferentes partes física e biológica do amplo ecossistema representado pelo planeta. Para uma população dessa ordem, as suas necessidades de alimentação, moradia, vestimenta, transporte, trabalho, lazer e de bens de toda espécie têm sido a causa principal dos desequilíbrios e da degradação ambiental.

A expansão urbana, com a construção de grandes metrópoles e bairros periféricos, a rede viária, a industrialização acelerada, o agronegócio, a pecuária, o aterro dos rios e manguezais, o lixo, a grilagem de terras, o garimpo e toda uma extensa área de atividades do homem, lícitas ou ilícitas, foram quase sempre realizadas sem a mínima preocupação com as questões ambientais.

Florestas foram abatidas e queimadas, populações indígenas dizimadas, várias espécies de animais extintas, rios aterrados, santuários e nichos ecológicos destruídos ou alterados, a erosão acelerada; enfim, a poluição generalizada, tudo isso no rastro da caminhada civilizacional do homem, entremeada de conquistas, de lutas, de guerras, de escravidão, de mortandade e de sofrimentos, onde a paz, a solidariedade, o entendimento, os princípios e os ensinamentos cristãos nem sempre preva-

leciam ante a ganância, o imediatismo, a irresponsabilidade e o egoísmo.

No Brasil, a redução dos gases do efeito estufa, sobretudo do CO₂, está intimamente relacionada com o combate ao desmatamento e com a regeneração da vegetação devastada na Amazônia, na Mata Atlântica, no Cerrado, na Caatinga e no Pantanal. Nos últimos 30 anos, foram derrubados mais de 600 mil km² da Floresta Amazônica, simplesmente pela ação predatória do homem. A maior parte da depredação e devastação ocorreu na fronteira sul da floresta, por meio

da expansão agrícola por grandes proprietários de terra, facilitados pela abertura de estradas predatórias, como a BR-163, e pela concessão indiscriminada de créditos facilitadores da destruição florestal. Na fronteira leste, sobretudo no estado do Pará, a devastação florestal foi acelerada essencialmente pelo próprio conceito de uma reforma agrária em que os assentamentos simplesmente devastaram a floresta, com absoluta

falta de planejamento, de assistência técnica, creditícia e educacional que os fixassem à terra.

Atualmente, realiza-se em Bonn, na Alemanha, uma reunião sobre mudanças climáticas que pretende redigir um documento, o qual servirá de base para discussão na próxima Convenção do Clima de Copenhague, marcada para dezembro deste ano e que deverá definir um substituto para o Protocolo de Kyoto, que expira no fim de 2012. São mais de 4 mil participantes, de 180 pa-

O Brasil tem todas as condições para assumir uma posição de destaque e de liderança nos debates e discussões internacionais que irão propor as medidas preventivas e corretivas necessárias para minorar os efeitos das alterações climáticas, com a redução dos gases do efeito estufa na atmosfera

íses, representando governos, indústrias, instituições de pesquisa e organizações não governamentais. Finalmente, a preservação do planeta vai entrando na ordem do dia, sobretudo agora que, sob novo governo, os Estados Unidos têm demonstrado grande interesse em participar dos debates sobre o assunto e de se juntar à comunidade internacional no apoio às medidas que vêm sendo propostas para minorar os efeitos das mudanças climáticas e do aquecimento global.

O Brasil está no centro das atenções mundiais quando se trata de preservação do meio ambiente, principalmente por causa da Floresta Amazônica. Com um território de dimensões continentais e possuindo

do vários ecossistemas específicos (Amazônia, Pantanal, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga e Pampa), o Brasil tem todas as condições para assumir uma posição de destaque e de liderança nos debates e discussões internacionais que irão propor as medidas preventivas e corretivas necessárias para minorar os efeitos das alterações climáticas, com a redução dos gases do efeito estufa na atmosfera.

No momento, não se trata de querer responsabilizar os países mais desenvolvidos pela crise climática, mas de unir os esforços de todos para salvar o planeta, e o Brasil pode assumir a vanguarda desses esforços, salvando a sua Floresta Amazônica e os vários biomas com que a natureza o dotou.

☞ CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

<MEIO AMBIENTE> Terra; Oceano; Atmosfera; Clima; Camada de ozônio; Aquecimento; Efeito estufa; Poluição; Política Nacional; Política Internacional;

BIBLIOGRAFIA:

- BAKKER, MUCIO PIRAGIBE RIBEIRO DE. Direito do Mar: “A Humanidade Conquista um Patrimônio Comum”, *Revista Brasileira de Tecnologia*. Vol. 15 nº 6, Nov/Dez 1984.
- BAKKER, MUCIO PIRAGIBE RIBEIRO DE. “O Mar: Uma Nova Fronteira”. *Revista Brasileira de Tecnologia*. Vol. 18 nº 2 – Fev 1987.
- BAKKER, MUCIO PIRAGIBE RIBEIRO DE. “O Hidrogênio, Perspectivas e Desafios”. *Revista Marítima Brasileira*. V.129 – nº 01/03 – Jan-Mar – 2009.
- Ciência Ilustrada, XI vols. – Abril Cultural – 1969 – Vol. I – História dos Três Reinos da Natureza.
- COMISSÃO NACIONAL INDEPENDENTE SOBRE OS OCEANOS, O Brasil e o Mar do Século XXI – 1998.
- COMISSÃO NACIONAL INDEPENDENTE SOBRE OS OCEANOS, Os Usos dos Oceanos no século XXI. A Contribuição Brasileira 1998.
- CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O DIREITO DO MAR, Reproduzido na Diretoria de Hidrografia e Navegação – 1990.
- GUIMARÃES, Luiz Felipe de Macedo Soares. “Um Brasil Ignorado. O Espaço Marinho Nacional” – *Revista Brasileira de Tecnologia* – v. 17, nº 1, Jan/Fev – 1986.
- MOREIRA DA SILVA, Paulo de Castro, Vice-Almirante. *Oceanografia Física* – Instituto de Pesquisas da Marinha – 1972.
- MOREIRA DA SILVA, Paulo de Castro, Vice-Almirante. *Usos do Mar*, Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) – 1978.



REVISTA



MARITIMA BRASILEIRA

A SEGUNDA MAIS ANTIGA DO MUNDO

Prize de 9 mil. 1500/000

A Revista Maritima Brasileira completou 160 anos em

1º de março de 2011. Fundada em 1851 pelo

Primeiro Tenente Sabino Elói Pessoa,

foi a segunda revista mais antiga do mundo

a tratar de assuntos marítimos e navais.

Conforme os registros obtidos, a Rússia foi o primeiro

país a lançar uma revista marítima,

a Morskoi Sbornik, (1848).

Depois vieram:

Brasil – Revista Maritima Brasileira (1851),

França – Revue Maritime (1866),

Itália – Rivista Marittima (1868),

Portugal – Anais do Clube Militar Naval (1870),

Estados Unidos – U.S Naval Institute Proceedings (1873)

República Argentina – Boletín Del Centro Naval (1882).