**GEOLOGIA GERAL**

Este trabalho tem por finalidade tratar sobre a Geologia Geral que é a ciência que estuda a história física da Terra, sua origem, os materiais que a compõem e os fenômenos naturais ocorridos durante as várias eras e períodos da escala geológica terrestre. Iremos ver e descobrir que a geologia enquanto ciência se propõem a:

1.Descrever as características do Interior e da superfície da terra, em várias escalas.

2.Compreender as razões de ordem física e química que levaram o planeta a ser tal como o observamos.

3.Definir de maneira adequada a utilização dos materiais e fenômenos geológicos como fonte de matéria-prima e energia para melhoria da qualidade de vida da sociedade.

4.Resolver os problemas ambientais causados anteriormente e estabelecer critérios para evitar futuros danos ao meio ambiente, nas várias atividades humanas.

5.Valorizar a relação entre o ser humano e a natureza .Já a geomorfologia estuda as formas de relevo, tendo em vista a origem, a estrutura, a natureza das rochas, o clima da região e as diferentes formas internas e externas que formam o relevo terrestre.

Para este trabalho vamos utilizar o meio mais corriqueiro do conhecimento atual, o uso da internet como fonte de pesquisa. Porem cada um dos assuntos especificados vem acompanhados de algumas alterações para melhorar o entendimento e colocação dentro do contesto do trabalho.

O que é a Geologia?

Geologia é a ciência natural que, através das ciências exatas e básicas (Matemática, Física e Química) e de todas as suas ferramentas, investiga o meio natural do planeta, interagindo inclusive com a Biologia em vários aspectos. Geologia e Biologia são as ciências naturais que permitem conhecer o nosso habitat e, por conseqüência, agir de modo responsável nas atividades humanas de ocupar, utilizar e controlar os materiais e os fenômenos naturais.
Embora tenha permanecido distante dos conhecimentos gerais da população no Brasil, a Geologia tem um papel marcante e decisivo na qualidade da ocupação e aproveitamento dos recursos naturais, que compreendem desde os solos onde se planta e se constrói, até os recursos energéticos e matérias primas industriais. O desconhecimento quantitativo e qualitativo da dinâmica terrestre tem resultado em prejuízos muitas vezes irreparáveis para a Natureza em geral e para a espécie humana em particular.

Hoje, já se sabe muito mais sobre o funcionamento do Planeta do que 30 anos atrás. Este progresso no conhecimento deve ser divulgado e assimilado, sendo a compreensão do ciclo natural terrestre fundamental para a valorização das relações entre o ser humano e a Natureza e para a adoção de uma postura mais crítica e mais consciente frente aos mecanismos de desenvolvimento da sociedade.
Podemos definir Geologia como a ciência cujo objeto de estudo é a Terra: sua origem, seus materiais, suas transformações e sua história. Estas transformações produzem materiais ou fenômenos naturais com influência direta ou indireta em nossas vidas. É preciso saber aproveitar adequadamente as características da Natureza, bem como prever e conviver com os fenômenos catastróficos que são sinais da dinâmica do planeta.

Os objetivos da geologia podem ser sintetizados desta forma:

– Estudo das características do interior e da superfície da Terra, em várias escalas;
– compreensão dos processos físicos, químicos e físico-químicos que levaram o planeta a ser tal como o observamos;
– definição da maneira adequada (não destrutiva) de utilizar os materiais e fenômenos geológicos como fonte de matéria prima e energia para melhoria da qualidade de vida da sociedade;
– resolução de problemas ambientas causados anteriormente e estabelecimento de critérios para evitar danos futuros ao meio ambiente, nas várias atividades humanas;
– valorização da relação entre o ser humano e a Natureza.

Geólogos – eles enxergam o meio ambiente por inteiro

Se você pretende trabalhar com questões ambientais passe a pensar seriamente em se formar em geologia.

Outras profissões encontram-se aptas para trabalhar com meio ambiente, como a biologia, geografia e algumas engenharias, mas o curso de geologia proporciona uma formação que possibilita um entendimento mais abrangente e detalhado da dinâmica ambiental do Planeta Terra, o que torna o geólogo imprescindível na constituição de equipes de projetos ambientais.

Durante o curso de geologia, o aluno passa a entender como a Terra funciona, desde os movimentos e processos oriundos do interior do planeta, que dão mobilidade às placas tectônicas, formando rochas, vulcões, montanhas e oceanos, até os processos que ocorrem na superfície como a ação dos rios, dos ventos, dos mares e das geleiras.

O curso proporciona ainda a evolução do raciocínio dentro de uma visão tridimensional do ambiente e, principalmente, do sub-solo. Em função deste conhecimento, o geólogo é o único profissional capacitado para trabalhar com água subterrânea, cuja exploração racional e proteção vem se tornando um dos aspectos mais importantes para a sobrevivência e bem estar da humanidade nestes últimos anos, afinal, não vivemos sem água mais do que algumas horas.

Além de conhecer a fundo os processos que ocorrem no interior e na superfície da Terra, saber como as rochas se formam e enxergar o meio ambiente em três dimensões, o geólogo tem ainda noção da evolução do tempo nos processos ambientais, expresso pelo Tempo Geológico. Desta forma, o geólogo encontra-se capacitado para entender melhor a dinâmica do meio ambiente.

A profissão Geólogo

O geólogo tem atuação profissional marcante na sociedade moderna, devido a crescente demanda por recursos naturais (água, recursos minerais, petróleo e gás entre outros) e a necessidade de conservar o equilíbrio da Terra. É o profissional com melhor visão das interações do ser humano no meio ambiente, pois detém o conhecimento especializado para lidar com a magnitude dos processos geológicos e caracterizar as suas causas e conseqüências. O geólogo tem papel estratégico na prevenção de acidentes naturais, atua nos estudos de potencialidade de uso e ocupação do meio físico (áreas agrícolas e urbanas) e na remediação de contaminações tanto do solo como da água subterrânea.

A profissão do geólogo inclui ainda as atividades ligadas à investigação científica, que permitem obter informações sobre a evolução da Terra, sua composição, estrutura e origem.

Demandas recentes da sociedade trouxeram novos desafios para a profissão, exigindo uma formação multidisciplinar; de um lado conhecimento técnico em física, matemática, química, biologia e computação, e, de outro, uma visão crítica e integrada em campos como da economia, planejamento e até estruturas sociais.

Diferentemente de outras profissões, em que a atividade é realizada em escritórios ou outros recintos fechados, o geólogo divide seu tempo entre as pesquisas da natureza e o trabalho de laboratório e escritório.

No Brasil, apesar de sua grande extensão territorial e riqueza em recursos minerais, o conhecimento geológico é restrito. Além disso, o número de profissionais na área é insuficiente comparativamente com o de outras nações.

Portanto, o mercado de trabalho é promissor em função da demanda por um profissional que compreenda os processos geológicos de tal forma a propor soluções coerentes para a sociedade, em harmonia com o meio ambiente. O mercado é constituído por empresas petrolíferas, de perfuração de poços artesianos, de engenharia civil e ambiental, de mineração e empresas estatais, além de instituições de ensino, como professor e pesquisador.

A Geologia e o ser humano

A Geologia estuda a Terra desde a sua origem há aproximadamente 4,5 bilhões de anos. A imensa quantidade de informações adquiridas até o presente mostra o ecossistema Terra susceptível a transformações que, muitas vezes, tiveram como resultado extinções em massa de animais e vegetais, causadas por mudanças climáticas drásticas ocasionadas por processos internos e externos.

A Geologia e ciências afins, têm hoje um papel de fundamental importância na monitoração e exploração racional dos recursos naturais da Terra. Os recursos minerais da Terra não são renováveis. Este fato transfere ao homem, usuário maior dos recursos naturais, uma grande responsabilidade no que concerne ao gerenciamento destes recursos e ao desenvolvimento de novas tecnologias que permitam exploração sem destruição do nosso planeta.

A aglomeração humana em grandes áreas urbanas e o crescimento acelerado das demandas por recursos minerais, exige das geociências ações voltadas para o social e para o encontro da fórmula ideal que equilibre qualidade de vida e uso racional dos recursos naturais.

Os desafios do terceiro milênio incluem, entre tantos outros, otimização da produção e utilização dos combustíveis fósseis e uma administração racional dos recursos hídricos. Hoje algumas cidades grandes já passam por racionamento de água e luz. O aumento da geração de energia elétrica através da construção de bacias hidrográficas já se encontra comprometido, são raras as bacias hidrográficas que suportam adição de novas usinas Nos grandes centros os aqüíferos estão sendo contaminados, lixões estão em franco crescimento favorecendo a poluição dos recursos hídricos de superfície e subsuperfície. O uso inadequado do solo permitiu ao homem poluir e pilhar recursos naturais não renováveis.

A Geologia + Ser Humano = Geocientista, é a equação mágica capaz de solucionar a relação entre oferta e demanda de recursos naturais reduzindo a agressão ao nosso planeta. As geociências básicas e aplicadas são o suporte para ações voltadas para a longevidade da utilização racional da Terra como morada do HOMO dito SAPIENS.

A Geofísica aplicada

A Geofísica utiliza os princípios físicos para o estudo da Terra, subdividindo-se em:

Geofísica Pura: investiga as propriedades físicas da Terra e sua constituição interna a partir de fenômenos físicos ligados a ela.

Geofísica Aplicada: estuda as ocorrências ou estruturas geológicas, relativamente pequenas, localizadas na crosta terrestre.

Nos estudos e levantamentos geofísicos são prospectados os contrastes nas propriedades físicas do mineral, estrutura geológica, rochas, agentes poluentes, etc.

A investigação dessas situações mantém uma relação estreita com os problemas práticos de prospecção de petróleo, identificação ou delimitação de aqüíferos, prospecção mineral, obras de engenharia, estudos arqueológicos e questões de degradação ambiental.

Os métodos e técnicas geofísicas podem ser empregados de forma terrestre, em aerolevantamentos e também aquáticos. O principal determinante nessas técnicas é a propriedade física característica do mineral, rocha ou estrutura a ser investigada. Para que se tenha sucesso na escolha e aplicação de um determinado método, é necessário que o objeto do estudo responda de forma diferenciada – anômala – isto é, apresente uma característica física que permita diferenciá-lo do meio circundante.

Os principais métodos utilizados são:

Gravimetria: envolve medidas do campo gravitacional terrestre, buscando identificar distribuições de massas e seus contrastes de densidade nos materiais em subsuperfície.

Magnetometria: baseia-se no poder de magnetização do campo magnético terrestre e na susceptibilidade magnética diferenciada dos materiais da Terra.

Sísmica: fundamenta-se no fato de que as ondas elásticas propagam-se em diferentes velocidades em materiais/rochas distintos. Por meio de uma fonte energética, inicia-se a propagação das ondas em um ponto e determinam-se em outros pontos os tempos de chegada da energia refratada ou refletida pelas descontinuidades entre os diferentes materiais do subsolo, estimando suas espessuras.

Eletromagnetometria: emprega campos eletromagnéticos, gerados por correntes alternadas de origem artificial ou natural. Estas correntes geram um campo magnético secundário que é analisado relativamente ao campo primário. Os parâmetros medidos pelos equipamentos eletromagnéticos são função destes campos, como por exemplo, seu vetor resultante.

Eletrorresistividade: utiliza uma fonte artificial de corrente, introduzida no subsolo por dois eletrodos em contato galvânico com o terreno. Mede-se o potencial estabelecido pelo fluxo de corrente por meio de outro par de eletrodos posicionados nas proximidades. Conhecendo-se também a corrente gerada, calculam-se as resistividades.

Polarização Induzida (IP): é um fenômeno elétrico provocado pela transmissão de corrente no solo, observado como uma resposta defasada de voltagem nos materiais terrestres. Ao estabelecer-se uma diferença de potencial devida à passagem de corrente pelo solo, esta d.d.p. não se estabelece nem se anula instantaneamente, quando a corrente é emitida e interrompida em pulsos sucessivos, mas descreve uma curva de descarga semelhante ao efeito observado quando um capacitor elétrico descarrega-se. Este fenômeno é mais intenso quando ocorrem sulfetos metálicos, que comportam-se como capacitores e se polarizam. Assim, a aplicação do método consiste em medir-se este “efeito capacitivo”. Trata-se, provavelmente, do método mais importante na prospecção de metais como Cu, Pb, Zn, Ni, Mo, etc.

Radiometria: estuda a distribuição de material radioativo na subsuperfície terrestre. A radiometria pode utilizar a cintilometria (ou contagem gama total) para identificar indiscriminadamente a presença de elementos radioativos como o K40, U e Th ou estimar, por meio de espectrômetros de vários canais, as quantidades individuais destes elementos, na chamada espectrometria gama.

Águas subterrâneas: um importante recurso que requer proteção

Água é sinônimo de vida. A ingestão de água nos garante a boa qualidade vida. Contudo, quase 4,6 milhões de crianças com menos de cinco anos, em paises pobres, morrem de doenças decorrentes de veiculação hídrica, anualmente. O abastecimento com água potável e o saneamento ambiental poderiam reduzir em 75% as taxas de mortalidade e enfermidades no mundo. Mesmo no Brasil, 50.000 bebês/ano morrem de diarréia e as doenças associadas à água de baixa qualidade correspondem a 65% dos casos de internações hospitalares.

Os esforços empreendidos na melhoria das condições sanitárias dos países pobres têm se mostrado insuficientes para amenizar esse cenário social, agravado por séculos de descaso dos governantes, e que piora em função do crescimento populacional. Segundo o Fundo Mundial da Natureza (WWF), por volta de 2008, 60% da humanidade não disporá mais de água potável, uma vez que o ritmo de consumo dobra a cada 25 anos.

Parece uma incoerência especular-se sobre a falta de água num planeta cuja superfície é constituída por 75% dela. Entretanto, apenas 3% da água disponível é adequada ao consumo humano (não salgada), sendo que 2% estão sob a forma das calotas polares. Deste 1% apenas 3% concentram-se nos rios e lagos, sendo o Brasil um dos países com maior riqueza hídrica no mundo. O restante 97% encontra-se em subsuperfície.

Com a crescente industrialização, urbanização e a tecnificação da agricultura, os recursos hídricos de superfície estão rareando em vista do elevado consumo e pela contaminação de mananciais, suscitada pela expansão não planejada da população. Desta forma, as atenções vêm-se convergindo para essa outra fonte de abastecimento, não tão visível, mas igualmente importante: as águas subterrâneas.

No mundo, 1,5 bilhão de pessoas dependem das águas subterrâneas. Estima-se que, na América Latina, 150 milhões utilizam o recurso. Focalizando o caso do Brasil (detentor de 8% das águas doces do mundo), calcula-se que existam 112 bilhões de m3 de água subterrânea. Por volta de 35 a 40% da população brasileira deve fazer uso do recurso subterrâneo.

No Estado de São Paulo, estima-se que 74% dos núcleos urbanos sejam total ou parcialmente abastecidos por fontes subterrâneas. Mesmo na Bacia do Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo), onde os recursos são bastante modestos, avalia-se que aproximadamente 7,9 m3/s (249Mm3/a) sejam explorados de 6-7 mil poços tubulares em operação, de um total de mais de 10 mil poços perfurados (dados de 2000). Essa vazão representa 15% do abastecimento público da Bacia.

O ciclo hidrológico (Figura 1) consiste no intercâmbio entre os reservatórios oceanos, geleiras, rios, lagos, vapor d’água da atmosfera, águas subterrâneas e água retida nos seres vivos, e que é movimentado pela energia solar, representando o processo mais importante da dinâmica externa terrestre.

Deve-se ter em mente que a água não se perde do sistema, mas sempre se conserva. No entanto, a dinâmica do ambiente é complexa porque é regida desde fatores meteorológicos, como o vento, chuva, insolação, até pela ação antrópica que, além de modificar a paisagem, provoca distúrbios no clima. Assim, a água pode evaporar-se de um lugar já árido, e se precipitar nos oceanos, ou ainda, enquanto inunda cidades, causa déficit em represas ou em áreas famintas de irrigação.

O balanço hídrico determina o equilíbrio da entrada e da saída da água dentro de uma bacia hidrográfica. A entrada corresponde principalmente à precipitação. A compensação ocorre na saída por meio da infiltração no solo, escoamento superficial, evaporação, evapotranspiração, variação no conteúdo de umidade no solo ou armazenamento do reservatório subterrâneo e a exploração da água para o consumo.

A precipitação pode ocorrer na forma de chuva, granizo, neve ou orvalho. A taxa de transferência de água da fase líquida para a de vapor é definida como evaporação, a qual atua sobre as águas superficiais, a umidade do solo e os tecidos das plantas, tomando nos dois últimos casos a denominação de evapotranspiração.

As águas que porventura infiltram-se podem ficar retidas nos poros pela tensão capilar (superficial) exercida entre grãos e o ar presentes no solo, o que implicará na variação de armazenamento ou umidade nessa zona conhecida como não saturada, ou serem drenadas pela gravidade em direção a uma zona cujos poros encontram-se totalmente cheios de água (zona saturada). A rocha ou sedimento que permite o armazenamento e a exploração da água é conhecida como aqüífero. Este fenômeno que faz com que a água atinja a zona saturada é conhecida como recarga do aqüífero.

Quando a precipitação supera a infiltração no solo ou quando a água atinge uma formação impermeável, como argilas, a água passa a escoar na superfície. Em seu percurso, estará sujeita, então, à evaporação, à infiltração em outro material mais permeável ou à descarga em corpos d’água, alimentando os rios e lagos.
Segundo as suas características hidráulicas, há basicamente dois tipos de aqüífero: o livre e o confinado (Figura 2). No primeiro caso, o aqüífero estará em contato direto com a pressão atmosférica. Já o aqüífero confinado, como o próprio nome diz, encontra-se delimitado por camadas litológicas menos permeáveis, em cujo interior a água está submetida a uma pressão maior que a atmosférica.

Embora a água subterrânea seja um recurso menos susceptível aos impactos da atividade antrópica comparativamente ao manancial superficial, há dois problemas que podem afetá-la: a contaminação e a super-exploração.

A contaminação ocorre pela ocupação inadequada de uma área que não considera a sua vulnerabilidade, ou seja, a capacidade do solo em degradar as substâncias tóxicas introduzidas no ambiente. A contaminação pode se dar por fossas sépticas e negras; infiltração de efluentes industriais; fugas da rede de esgoto e galerias de águas pluviais; vazamentos de postos de serviços; contaminação por água salina advinda do mar em aqüíferos costeiros, por aterros sanitários e lixões; uso indevido de fertilizantes nitrogenados; entre outros.

Já a super-exploração ocorre quando a extração de água subterrânea ultrapassa os limites de produção do aqüífero, provocando danos ao meio ambiente ou para o próprio recurso, como aumento nos custos de bombeamento, escassez de água, indução de água contaminada e problemas geotécnicos de subsidência (compactação diferenciada do terreno, causando o colapso de construções civis).

Tanto a super-exploração como a contaminação de solos e aqüíferos podem ser evitadas. A partir de estudos prévios, é possível estimar as vazões máximas que poderão ser extraídas de uma nova captação, sem que cause danos aos poços vizinhos. Da mesma forma, avaliações específicas podem mostrar se novas atividades antrópicas causarão algum problema ao aqüífero. Cabe aos órgãos de governo, com participação da população, definir as políticas para o bom manejo do recurso, para que este seja utilizado de forma sustentável e que possa promover o bem estar e o desenvolvimento econômico da sociedade.

A Terra: um planeta heterogêneo e dinâmico

Nosso planeta

O planeta Terra é constituído por diversos setores ou ambientes, alguns dos quais permitem acesso direto, como a atmosfera, a hidrosfera (incluindo rios, lagos, águas subterrâneas e geleiras), a biosfera (conjunto dos seres vivos) e a superfície da parte rochosa. Desta superfície para baixo, o acesso é muito limitado. As escavações e sondagens mais profundas já chegaram a cerca de 13km de profundidade, enquanto o raio da terra é de quase 6.400km. Por isso, para se obter informações deste interior inacessível, existem métodos indiretos de investigação: a sismologia e a comparação com meteoritos.

A sismologia é o estudo do comportamento das ondas sísmicas ao atravessar as diversas partes internas do planeta. Estas ondas elásticas propagam-se gerando deformações, sendo geradas por explosões artificiais e sobretudo pelos terremotos; as ondas sísmicas mudam de velocidade e de direção de propagação com a variação das características do meio atravessado. A integração das observações das numerosas estações sismográficas espalhadas pelo mundo todo fornece informações sobre como é o interior do planeta, atravessado em todas as direções por ondas sísmicas geradas a cada terremoto e a cada explosão. As Informações sobre a velocidade das ondas sísmicas no interior da Terra permitiram reconhecer três camadas principais (crosta, manto e núcleo), que têm suas próprias características de densidade, estado físico, temperatura, pressão e espessura.

Na diferenciação dos materiais terrestres, ao longo da história do planeta, a água, formando a hidrosfera, bem como a atmosfera, constituída por gases como nitrogênio, oxigênio e outros, por serem menos densos, ficaram principalmente sobre a parte sólida, formada pelos materiais sólidos e mais densos.

Dentre os materiais sólidos, os mais pesados se concentraram no núcleo, os menos pesados na periferia, formando a crosta, e os intermediários no manto. Pode-se comparar os diferentes tipos de meteoritos com as camadas internas da Terra, pressupondo-se que eles (os meteoritos) tiveram a mesma origem e evolução dos outros corpos do Sistema Solar, formados como corpos homogêneos, a frio, por acresção planitesimal. Aqueles que tinham massa suficientemente grande, desenvolveram um forte calor interno, por causa da energia gravitacional, da energia cinética dos planetesimais quando da acresção e da radioatividade natural. Isto ocasionou uma fusão parcial, seguida de segregação interna, a partir da mobilidade que as altas temperaturas permitiam ao material.

Os meteoritos provenientes da fragmentação de corpos pequenos, que não sofreram esta diferenciação, são os condritos, que representam a composição química média do corpo fragmentado e por inferência, do Sistema Solar como um todo, menos os elementos voláteis. Não existem materiais geológicos, ou seja, terrestres, semelhantes aos condritos. Os meteoritos provenientes da fragmentação de corpos maiores, como a Terra, que sofreram a diferenciação interna, representam a composição química e densidade de cada uma das partes internas diferenciadas do corpo que os originou. São os sideritos, os acondritos e ainda outros tipos. Pela sua densidade, faz-se a correlação com as camadas da Terra determinadas pela sismologia, e supõe-se que sua composição química represente a composição química da camada terrestre de mesma densidade. Assim, com estas duas ferramentas indiretas, a sismologia e a comparação com os meteoritos, foi estabelecido um modelo para a constituição interna do globo terrestre.

É importante ressaltar que todo o material no interior da Terra é sólido, com exceção apenas do núcleo externo, onde o material líquido metálico se movimenta, gerando correntes elétricas e o campo magnético da Terra. A uma dada temperatura, o estado físico dos materiais depende da pressão. ‘As temperaturas que ocorrem no manto, os silicatos seriam líquidos, não fossem as pressões tão altas que lá ocorrem (milhares de atmosferas).

Assim, o material do manto, ao contrário do que muitos crêem, é sólido, e só se torna líquido se uma ruptura na crosta alivia a pressão a que está submetido. Somente nesta situação é que o material silicático do manto se liqüefaz, e pode, então, ser chamado de magma. Se o magma fica retido em bolsões dentro da crosta, forma uma câmara magmática, e vai pouco a pouco solidificando-se, formando um corpo de rocha ígnea plutônica ou intrusiva, Se o magma consegue extravasar até a superfície, no contato com a atmosfera e hidrosfera, pode ser chamado lava, enquanto estiver líquido, e seu resfriamento e solidificação vai formar um corpo de rocha ígnea vulcânica ou extrusiva.

As rochas ígneas assim assim formadas, juntamente com as rochas metamórficas e sedimentares, formadas por outros processos geológicos, constituem a crosta, que é a mais fina e a mais importante camada para nós, pois é sobre ela que se desenvolve a vida. A crosta oceânica e a crosta continental apresentam diferenças entre si.

A primeira ocorre sob os oceanos, é menos espessa e é formada por extravasamentos vulcânicos ao longo de imensas faixas no meio dos oceanos (as cadeias meso-oceânicas), que geram rochas basálticas. A segunda é mais espessa, pode emergir até alguns milhares de metros acima do nível do mar, e é formada por vários processos geológicos, tendo uma composição química média mais rica em Si e em AI que as rochas basálticas, que pode ser chamada de composição granítica.

A crosta oceânica e continental, junto com uma parte superior do manto, forma uma camada rígida com 100 a 350km de espessura. Esta camada chama-se LITOSFERA e constitui as placas tectônicas, que formam, na superfície do globo, um mosaico de placas encaixadas entre si como um gigantesco quebra-cabeças; são as placas tectônicas ou placas litosféricas. Abaixo da litosfera, ocorre a ASTENOSFERA, que é parte do manto superior; suas condições de temperatura e pressão permitem uma certa mobilidade, muito lenta, mas sensível numa escala de tempo muito grande, como é a escala do tempo geológico.

A Dinâmica Interna

Os vulcões e terremotos representam as formas mais enérgicas e rápidas de manifestação dinâmica do planeta. Ocorrem tanto em áreas oceânicas como continentais, e são válvulas de escape que permitem o extravasamento repentino de energias acumuladas ao longo de anos, milhares ou milhões de anos. Esses eventos são sinais de que, no interior da Terra, longe dos nossos olhos e instrumentos de pesquisa, ocorrem fenômenos dinâmicos que liberam energia e se refletem na superfície, modificando-a. Por outro lado, também existem formas lentas de manifestação da dinâmica interna terrestre. As placas tectônicas, conforme a teoria da Tectônica de Placas, resumida a seguir, incluem continentes e partes de oceanos, que movem-se em mútua aproximação ou distanciamento, a velocidades medidas de alguns centímetros por ano, assim contribuindo para a incessante evolução do relevo e da distribuição dos continentes e oceanos na superfície terrestre.

A Tectônica de Placas e a formação das grandes cadeias de montanhas e dos oceanos

Existem várias evidências mostrando que as placas tectônicas flutuam sobre o material da astenosfera e movem-se umas em relação às outras; assim, continentes que hoje encontram-se separados já estiveram unidos. Tal é o caso da América do Sul e da África, que se apresentam como duas peças contíguas de um quebra-cabeças, o que é interpretado não apenas pela forma de seus litorais, mas também pelas características geológicas e paleontológicas que mostram continuidade nos dois continentes. América do Sul e África já estiveram unidos e submetidos a uma mesma evolução durante um longo período de sua história, no passado. Os movimentos das placas litosféricas são devidos às correntes de convecção que ocorrem na astenosfera. As correntes de convecção levam os materiais mais quentes para cima, perto da base da litosfera, onde movimentam-se lateralmente pela resistência da litosfera ao seu movimento e perdem calor; tendem então a descer, dando lugar ao material mais quente que está subindo.

À medida que o material se desloca lateralmente para depois descer, ele entra em atrito com as placas da litosfera rígida, em sua parte inferior, levando-as ao movimento.

No meio dos Oceanos Atlântico, Pacífico e Índico existem cordilheiras submarinas, que se elevam a até cerca de 4.000m acima do assoalho oceânico. Estas cordilheiras, denominadas meso-oceânicas, são interrompidas transversalmente pelas falhas transformantes e sublinham imensas rupturas na crosta, ao longo das quais há extravasamentos periódicos de lava basáltica vinda das partes mais internas (astenosfera). O mesmo mecanismo que força a cordilheira a se abrir periodicamente (correntes de convecção divergentes) para que materiais mais novos possam se colocar ao longo das aberturas, formando e expandindo o domínio oceânico, em outros locais promove colisões de placas (correntes de convecção convergentes). Nestas colisões, a placa que contém crosta oceânica, mais pesada, entra sob a placa continental, que se enruga e deforma (processos incluídos no metamorfismo), gerando as grandes cadeias continentais (Andes, Montanhas Rochosas).

A placa que afundou acaba por se fundir parcialmente ao atingir as grandes temperaturas internas (zona de subducção), gerando magma passível de subir na crosta formando rochas ígneas intrusivas ou extrusivas; se a colisão for entre duas placas continentais, ambas se enrugam (Alpes, Pirineus, Himalaias). Desta forma, a crosta oceânica é renovada, sendo gerada nas cadeias meso-oceânicas e reabsorvida nas zonas de colisões entre as placas, onde ocorre subducção. Assim, oceanos são formados pela divisão de continentes. Por exemplo, há 180 milhões de anos, um grande continente chamado GONDWANA dividiu-se, formando a África, a América do Sul e o oceano Atlântico.

Outros oceanos podem ser fechados por movimentos convergentes das placas (por exemplo, o Mar Mediterrâneo está sendo fechado pela aproximação entre a África e a Europa).

Os limites entre as placas podem ser divergentes, onde elas separam-se, criando fundo oceânico, ou convergentes, onde elas colidem, formando cadeias montanhosas continentais ou fechando oceanos. Podem ainda ser limites transfomantes, onde uma placa passa ao lado da outra, com atrito, mas sem criar nem consumir material. Todos estes tipos de limites são zonas de instabilidade tectônica, ou seja, sujeitas a terremotos e vulcões.

Assim, as posições dos continentes no globo terrestre são modificadas em relação ao Equador e aos pólos, explicando em parte as mudanças das condições climáticas de cada continente ao longo do tempo geológico.

Vulcões

O material rochoso em profundidade está submetido a pressões e temperaturas altíssimas (astenosfera) e, quando a placa litosférica rígida sofre uma ruptura, aquele material tende a escapar por ela, extravasando na superfície (vulcanismo) ou ficando retido em câmaras magmáticas dentro da crosta, quando não consegue chegar à superfície (plutonismo). O material que extravasa é constituído por gases, lavas e cinzas. A atividade vulcânica pode formar ilhas em meio aos oceanos (Havaí, Açores e etc.) que podem ser destruídas em instantes.

Pode ocorrer nos continentes, formando montanhas (Estromboli e Vesúvio na Itália, Osorno e Vila Rica no Chile, Santa Helena nos EUA). O mais espetacular aspecto construtivo do vulcanismo é o que corre nas cadeias meso-oceânicas, que representam limites divergentes de placas, gerando verdadeiras cordilheiras submarinas, formando assoalho oceânico novo a cada extravasamento e causando, assim, a expansão oceânica. A lslândia representa parte da cadeia meso-oceânica emersa acima do nível das águas, permitindo a observação direta deste tipo de vulcanismo fissural.

Terremotos

Os terremotos são tremores ou abalos causados pela liberação repentina da energia acumulada durante longos intervalos de tempo em que as placas tectônicas sofreram esforços para se movimentar. Quando o atrito entre elas é vencido (subducção ou falha transformante) ou quando partes se rompem (separação de placas), ocorrem os abalos. Estes abalos têm intensidade, duração e freqüência variáveis, podendo resultar em grandes modificações na superfície, não só pela destruição que causam, mas por estarem associados aos movimentos das placas tectônicas. Os hipocentros (pontos de origem dos terremotos) e epicentros (projeções verticais dos hipocentros na superfície) estão localizados preferencialmente em zonas limitrofes de placas tectônicas, onde elas se chocam e sofrem subducção e enrugamento, formando, respectivamente, fossas oceânicas e cordilheiras continentais, ou onde elas se separam, nas cadeias dorsais meso-oceânicas. Ocorrem terremotos também no limites neutros, onde as placas se movem lateralmente em sentid
os opostos (falhas transformantes). No mapa mundi, pode-se observar que a distribuição dos terremotos forma faixas contínuas ao longo das fossas oceânicas e cadeias continentais e meso-oceânicas. É famoso o “cinturão de fogo circumpacífico”, sujeito a freqüentes e intensos terremotos (exemplo da Falha de San Andreas, EUA), formando uma faixa muito ativa em volta do Oceano Pacífico. Também existem terremotos que não são devidos aos movimentos das placas, mas a esforços chamados intra-placas. São menos freqüentes, menos intensos, e relacionados à reativação de falhas (rupturas) muito antigas na crosta (exemplos recentes: João Câmara – RN, e Rio de Janeiro).

Aquífero Guarani – água pura para o Mercosul

As águas superficiais presentes nos rios e lagos estão cada vez mais poluídas e escassas, situação esta agravada pelo descontrole dos desmatamentos e uso abusivo de agrotóxicos na agricultura, o que torna a importância das águas subterrâneas maior ainda.

As águas subterrâneas acumulam-se no subsolo nos poros (vazios) e fraturas das rochas. Algumas rochas são mais porosas do que as outras e funcionam como gigantesca esponja, onde as águas ficam armazenadas, com a grande vantagem de poderem ser consumidas diretamente, sem a necessidade de tratamento prévio.

Ultimamente vem sendo muito discutida a importância do Aqüífero Guarani, o qual tem uma área de influência muito extensa, estando disponível para captação nos estados do centro oeste, sudeste e sul do Brasil e parte do Paraguai, Uruguai e Argentina, motivo pelo qual foi inicialmente denominado Aqüífero MERCOSUL.

Para compreender a origem deste aqüífero, deve-se voltar ao passado, ao início da Era Mesozóica, conhecida por ser a Era dos Dinossauros. No início deste intervalo de tempo, existia um imenso deserto cobrindo grande parte da América do Sul, muito semelhante ao que é hoje o Deserto do Saara. Nos ambientes desérticos, predomina o transporte e sedimentação de grande quantidade de areia através dos ventos, formando gigantescas dunas. Uma característica marcante das areias eólicas (depositadas pelo vento), é a de apresentarem grãos bem arredondados e esféricos, o que faz com que o pacote sedimentar fique muito poroso, cheio de vazios intercomunicados entre si, o que confere à rocha sedimentar, assim formada, excelentes condições de armazenamento de água subterrânea.

Após a sedimentação destas areias, as quais deram origem aos arenitos da Formação Botucatu, ocorreu intenso vulcânismo fissural, com a saída de grande quantidade de lavas através de fendas quilométricas, resultantes do início do processo de separação entre a América do Sul e a África, o qual deu origem ao Oceano Atlântico. Estas lavas cobriram os arenitos tornando-os parcialmente confinados e protegidos, posicionando-os a profundidades de até 2000 m.

Com o passar dos anos, os vazios entre os grãos do arenito foram sendo preenchidos por água, tornando-o um dos maiores reservatórios de água subterrânea que se conhece no mundo, com um volume estimado de 48 000 km3, quantidade suficiente para fornecer água para toda a população atual do Brasil por 3 500 anos.

Este aqüífero recebe uma recarga natural, a partir das águas das chuvas, de tal forma que uma exploração racional possibilita abastecer continuamente uma população de 20 milhões de pessoa sem comprometer suas reservas.

Outra característica deste aqüífero é o fato de fornecer, em determinadas regiões, água quente, com temperaturas de 33 a 45 oC, o que possibilita o seu uso para o turismo, em balneários termais, como fonte alternativa de energia e até para a minimizar os efeitos de geadas.

No entanto este reservatório não se encontra totalmente protegido, necessitando medidas urgentes no sentido de evitar sua contaminação e seu uso descontrolado. Para isso é necessário identificar regiões mais vulneráveis, onde deve ser proibida qualquer atividade potencialmente poluente, como instalação de postos de gasolina, cemitérios e uso de agrotóxicos, entre outros.

As rochas mais velhas da Terra: pistas da história geológica primitiva

A Terra, juntamente com os constituintes do Sistema Solar, formou-se pela aglutinação de poeira cósmica e partículas até do tamanho de asteróides, a partir de uma nebulosa de gás e poeira em lenta rotação. O estudo de meteoritos – fragmentos de matéria sólida provenientes do espaço – permite estabelecer, com certa precisão, a cronologia dos eventos da evolução primitiva do Sistema Solar. Os meteoritos, cuja composição química e mineralógica é assemelhada a dos corpos do Sistema Solar, possuem idade de 4,6 bilhões de anos (Ga); por extrapolação esta é a idade da própria Terra.

A investigação das rochas mais velhas, da diversidade dos eventos e variação composicional da crosta mostram que a Terra se transforma gradualmente, embora os processos geológicos guardem semelhança com os operantes hoje em dia. Mas, onde estão as rochas sobreviventes da história inicial da Terra? Além da dinâmica que transforma lentamente o nosso planeta sabemos que sua superfície primitiva, durante os primeiros 600 milhões de anos (Ma), sofreu intenso bombardeio de meteoritos, asteróides e cometas, detritos gerados durante a formação do Sistema Solar. O registro desse bombardeio pode ser visto, por exemplo, na superfície da Lua coberta por enormes crateras, cicatrizes de um passado extremamente violento. A Terra, contudo, sofreu erosão e eventos geológicos sucessivos, o que explica ser extremamente difícil encontrar suas rochas mais primitivas preservadas. Mas o que aconteceu com a Lua naquela fase primitiva, certamente aconteceu com a Terra.

A cronologia precisa dos eventos das etapas precoces da evolução terrestre tem sido fruto do progresso nas técnicas laboratoriais, avanços tecnológicos, combinado com o emprego de métodos de datação baseados no decaimento radioativo, a exemplo do método Urânio/Chumbo (U/Pb) SHRIMP – sensitive high resolution mass spectrometer. Atualmente podemos obter idades U/Pb muito precisas de cristais diminutos de zircão (ZrSiO2), um mineral freqüentemente encontrado em rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. O zircão é utilizado por ser extremamente resistente a altas pressões e temperaturas e, pelo fato de seu sistema cristalino possuir uma alta temperatura de bloqueio (800°C), retém com maior eficiência que outros minerais tanto os elementos-pai (Urânio) como os elementos-filho (Chumbo). Por isso os zircões comumente guardam evidências da idade de cristalização da rocha ígnea original, mesmo que tenham ocorrido transformações posteriores no mineral.

A datação dos zircões com idade superior a 2,5 Ga (Eon Arqueano) documenta não só os processos e produtos da diferenciação química precoce da Terra, mas também permite inferências sobre a natureza e composição da crosta primitiva. Portanto, ao investigarmos as rochas arqueanas estaremos melhor compreendendo a história mais remota do planeta, incluindo processos sedimentares e vulcânicos iniciais, a hidrosfera precoce e a própria emergência da vida.

As rochas arqueanas constituem, em geral, complexos gnáissicos de médio a alto grau metamórfico em que predominam ortognaisses graníticos a dioríticos. Subordinadamente ocorrem rochas básicas, ultramáficas e metassedimentares, as primeiras proporcionando uma visão direta do manto terrestre mais primitivo, a partir de suas características geoquímicas e isotópicas, bem como da magnitude dos eventos de vulcanismo máfico.

Já os metassedimentos, particularmente os bifs (formações ferríferas bandadas) e cherts, trazem informações importantes quanto à história precoce da hidrosfera, ambientes superficiais iniciais, incluindo processos sedimentares e a emergência da vida. Rochas com idades superiores a 3,7-3,8 Ga são conhecidas em pouquíssimas localidades, como, por exemplo na África do Sul, Índia, Rússia, China, Antártica, Groenlândia, Canadá e norte dos EUA. No Brasil, as ocorrências das rochas mais antigas, com idades da ordem de 3,40-3,45 Ga, situam-se na Bahia e Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul.

Uma coleção das rochas mais antigas encontra-se no Museu de Geociências.

BACIAS SEDIMENTARES: A MEMÓRIA DO PLANETA

A superfície da Terra está em constante transformação. O nível dos oceanos varia, as placas tectônicas movem-se, afastando ou aproximando continentes, cadeias de montanhas elevam-se e são erodidas, áreas ocupadas por mares passam a abrigar rios e posteriormente calotas de gelo e novamente mares e depois desertos. No curto período de uma vida humana, ou mesmo da história registrada, poucas são as transformações que podem ser notadas, pois os processos responsáveis pelas grandes mudanças do planeta são muito lentos e ocorrem em uma escala de tempo diferente da vida cotidiana. Mesmo processos que ocorrem a taxas de menos de um milímetro por ano podem ter efeitos de grande escala se persistirem por alguns milhões de anos, o que é pouco tempo para um planeta de 4,6 bilhões de anos. Assim dizemos que a história do planeta é medida pelo Tempo Geológico.

As transformações lentas ficam registradas nas características das rochas que encontramos na crosta terrestre. Por exemplo, antigas cadeias de montanhas, já desaparecidas pela erosão causada pelas chuvas, rios, ventos e geleiras, deixam seu registro em rochas metamórficas que se formaram abaixo das grandes massas elevadas, e antigos vulcões, extintos a centenas de milhões de anos e já sem expressão topográfica, podem ser revelados pelos produtos que expeliram: as rochas vulcânicas formadas pelo resfriamento das lavas. Mas há certas áreas da superfície da Terra que tornam-se nossa maior fonte de informação sobre as diversas paisagens que existiram na superfície do planeta: as bacias sedimentares.

Bacias sedimentares são regiões que, durante um determinado período, sofrem lento abatimento (ou subsidência), gerando uma depressão que é preenchida por sedimentos. Esses sedimentos podem ser formados por materiais de três tipos principais: fragmentos originados pela erosão das áreas elevadas e transportados para a bacia por rios, geleiras ou ventos; materiais precipitados em corpos d’água dentro da bacia, anteriormente transportados como íons em solução; e estruturas que fizeram parte de corpos de animais ou plantas, como fragmentos de cochas, ossos, ou recifes de corais inteiros.

Como as bacias afundam lentamente, sedimentos mais novos são depositados sobre os mais antigos, que ficam preservados da erosão que predomina na superfície do planeta. O resultado é uma pilha de rochas (formadas pelas transformações que ocorrem aos sedimentos depois de soterrados) de diferentes idades, que revelam a história da região em cada etapa do tempo em que houve subsidência e acumulação de sedimentos. Como as camadas mais profundas depositam-se primeiro, pode-se estabelecer a cronologia dos eventos. É desta forma que podemos traçar a evolução das espécies de animais e plantas ao longo do tempo e saber, por exemplo, quais dinossauros existiram simultaneamente em uma região: através do conhecimento das relações entre as camadas que contém os fósseis que essas formas de vida deixaram.

O estudo das sucessões de camadas formadas em bacias sedimentares é denominado Estratigrafia (estudo dos estratos), e a Paleontologia (estudo dos fósseis) não poderia avançar sem ela. Mas não só apenas os fósseis fornecem informações sobre o passado do planeta, as próprias rochas sedimentares guardam vestígios que podem ser interpretados pelos geólogos para a reconstituição das características de uma dada região em épocas passadas. Os elementos que transportam ou acumulam sedimentos dentro de uma bacia, como rios, campos de dunas formadas pelo vento, lagos, praias, áreas de mar profundo etc., dão origem a tipos de depósitos sedimentares diferentes, que podem ser reconhecidos por geólogos especializados.

É dessa forma que sabemos que, no tempo dos dinossauros, a maior parte das regiões Sudeste e Sul do Brasil foram um grande deserto, com dunas semelhantes às que hoje ocorrem no Sahara. Dezenas de milhões de anos antes disso, a mesma região era coberta por mares rasos que vieram depois de grandes geleiras de uma época em que a América do Sul e a África eram unidas e próximas ao Pólo Sul. As evidências desse passado fascinante estão nos afloramentos de rochas, nas beiras das estradas, pedreiras e escarpas de serras, para quem quiser ver e puder entender.

Cavernas e Geoespeleologia

As fantásticas pinturas rupestres nas entradas e no interior de algumas cavernas, os enterramentos e restos de ocupações associadas a estas entradas comprovam o interesse milenar do ser humano por este ambiente. A visão comum de que cavernas são simples atrações turísticas ou locais para prática de esportes de aventura, está totalmente ultrapassada. Os estudos de cavernas revelaram um enorme potencial científico envolvido na evolução destas feições geológicas, desde a ação de bactérias em grande profundidade corroendo rochas calcárias, até o abrigo de registros sedimentares únicos das variações ambientais ocorridas durante as últimas dezenas de milhares de anos, incluindo restos de animais extintos ou vestígios de ocupações pré-históricas.
Cavernas são espaços vazios em rochas, formados naturalmente e que apresentam dimensões suficientes para dar acesso ao homem, segundo a definição adotada pela União Internacional de Espeleologia.

As cavernas são um componente subterrâneo do relevo cárstico, formado pela dissolução de certos tipos de rochas pela água subterrânea, a exemplo dos terrenos constituídos por rochas calcárias. Estão intrinsecamente relacionadas às outras feições cársticas, servindo freqüentemente como condutos para transporte de água subterrânea captada em superfície, que posteriormente escoa rumo às nascentes, servindo de ambiente para deposição.

Centenas de milhares de cavernas já foram exploradas na Terra, e provavelmente mais de 10.000 km de galerias já foram mapeadas. Estes números mostram que as cavernas, embora pouco conhecidas, quando comparadas com montanhas, rios e lagos, constituem uma feição geográfica significativa. No Brasil, cerca de 2500 cavernas foram registradas pela Sociedade Brasileira de Espeleologia ([www.sbe.com.br](http://www.sbe.com.br/)), uma parcela ínfima, em se tratando do nosso potencial, seguramente da ordem de dezenas ou mesmo centenas de milhares de cavernas.

Do ponto de vista geológico, a maioria das cavernas ocorre em rochas calcárias, tendo inicio como estreitas fendas (canalículos) de dimensões sub-milimétricas a milimétricas (capilares), normalmente preenchidas por água. Neste estágio inicial, os canalículos são denominados de protocavernas, que servem de caminhos da água subterrânea. Através da ação de agentes corrosivos em profundidade, estas linhas de fluxo da água subterrânea desenvolvem através da dissolução de minerais carbonáticos (como calcita) uma rede de condutos interconectados que caracterizam aqüíferos de condutos, os quais podem abrigar grandes volumes de água subterrânea. Com a evolução da paisagem e processos de entalhamento do relevo (aprofundamento de vales fluviais), estes condutos atingem posições acima da zona saturada em água e assim esses sistemas de cavernas são acessíveis aos exploradores.

A descrição física e o estudo geológico dos espaços subterrâneos das cavernas e do seu conteúdo, são os objetivos da espeleologia física, que constitui um ramo da espeleologia geológica, ou simplesmente, da geoespeleologia. Na área da geoespeleologia, a espeleogênese é o conjunto de processos responsáveis pela origem e desenvolvimento de cavernas. O estudo de cavernas tem grande importância na geologia aplicada ou também chamada geologia ambiental, através do entendimento dos processos envolvidos nos afundamentos de terreno, colapsos estes às vezes catastróficos, como aquele ocorrido em Cajamar (SP) em 1986.

Acompanhando a evolução da ciência geoespeleológica mundial, o Instituto de Geociências da USP conta atualmente com uma linha de pesquisa em geologia de sistemas cársticos. Alguns dos temas objeto das investigações são: a origem de cavernas, características de aqüíferos em rochas calcárias, registros paleoclimáticos em sedimentos de cavernas, e dinâmica de sistemas cársticos, entre outros.

Crateras por impacto de corpos extraterrestres – Astroblemas

Mesmo que a colisão de corpos celestes com a Terra possa parecer ficção científica, a sua ocorrência ao longo dos 4,5 bilhões de anos do planeta foi algo relativamente corriqueiro, principalmente nos seus primeiros 2 bilhões de anos (quando o escudo protetor da atmosfera terrestre ainda era rarefeito) ao tempo em que “chuvas” de asteróides errantes cobriram luas e planetas de crateras descomunais. Pesquisadores de corpos celestes, cujas trajetórias cruzam ou se aproximam da órbita terrestre, avaliam que atualmente o choque com um desses bólidos espaciais é uma simples distribuição de eventos ao longo de parte do tempo geológico (aproximadamente, milhares a milhões de anos).

Desde o início da formação da Terra, o choque de asteróides, meteoróides e cometas vem tendo importância crucial para o destino e as condições reinantes no planeta. Basta dizer que pesquisas recentes permitem supor que a rotação da Terra em torno de si mesma e a inclinação desse eixo de rotação (~230) foram proporcionadas por impactos de gigantescos corpos celestes contra sua superfície, durante os primórdios do planeta.

Na Lua são reconhecidas mais de 30.000 crateras de impacto, de diâmetro e geometria dos mais variados. A Cratera Aitke localizada no pólo sul da Lua é considerada a maior (2.500km de diâmetro) e mais profunda (13km) cratera de impacto do sistema solar. Sobre a crosta continental terrestre até o momento foram detectados apenas cerca de 200 desses astroblemas (do grego astro = corpo celeste + blema = cicatriz; ou seja, cicatrizes produzidas na crosta terrestre pelo impacto de corpos celestes de grandes proporções). Sim, o que ocorreu na Lua repetiu-se na Terra, tanto pela proximidade ao satélite como pela atração da gravidade várias vezes superior e, ainda mais, tratando-se de alvo com superfície de impacto muito maior.

Essa disparidade numérica é explicada pela ação de agentes denudadores do relevo, atuantes na Terra (de eficácia praticamente desprezível na Lua) como a erosão e o intemperismo que aplainam as áreas aguçadas do planeta, e de mecanismos renovadores da fisiografia global como a sedimentação e a deriva dos continentes (inexistente na Lua) que reciclam constantemente as rochas terrestres (e.g., a crosta oceânica, por exemplo, tem ciclos de rejuvenescimento ao redor de 200 milhões de anos). Esses fenômenos terminam velando ou eliminando as feições características dos astroblemas. Somado a isto, temos o atual efeito abrasivo da atmosfera terrestre que tende a atenuar o potencial de impacto de bólidos menores que 10 metros através de sua incineração meteórica.

Apesar das crateras lunares serem conhecidas há muitos séculos, somente após a Segunda Guerra iniciaram-se as discussões sugerindo a geração dessas estruturas por impactos. O astroblema mais bem preservado na Terra é conhecido como Meteor Crater (1,1km de diâmetro; 200m de profundidade), foi formada há cerca de 50 mil anos no Arizona (EUA). Embora a morfologia e as características geológicas indicassem a obviedade de sua origem, até 1960, acreditava-se que se tratasse de uma feição vulcânica.

No Brasil devem existir dezenas dessas estruturas, embora até o momento tenham sido reconhecidas somente cerca de 10 estruturas de impacto. A maior é a de Araguainha (40km), no limite sul de Goiás-Mato Grosso, cujas rochas têm cerca de 247 milhões de anos. Na região sudoeste da Grande São Paulo, além do bairro de Santo Amaro, está o Astroblema de Colônia (3,6km) com provavelmente alguns milhões de anos.

A cratera de impacto, de dimensões quilométricas, mais jovem do Brasil, foi formada no dia 13 de agosto de 1930 no Estado do Amazonas, próximo ao Rio Curuçá e abriu na floresta uma clareira de 1,2km de diâmetro. Sua localização foi possível graças a imagens de satélites (uma das formas de detectar as cicatrizes formadas pela queda de bólidos) e relato de um frade ao Vaticano. Acredita-se que esses corpos celestes, de dimensões (<100m) em condições de formar crateras como a de Rio Curuçá, podem cair em algum ponto do globo a cada 100 anos.
O Astroblema de Vredefort (300km; 2 bilhões de anos), na África do Sul, é considerado uma das maiores e mais antigas estruturas de impacto até o momento conhecidas na Terra. Este formou um domo e a bacia de Witwatersrand, a fonte de 50% do ouro já extraído na Terra. Outro astroblema, no Canadá, a estrutura de Sudbury (250km; 1,85 bilhões de anos), comparável ao anterior em tamanho e idade , é a maior fonte de níquel do mundo.

Já outras estruturas de impacto, ao redor do mundo, foram encontradas durante atividades de prospecção de petróleo como no caso do Astroblema de Chicxulub (170km; 65 milhões de anos), no Golfo do México. Atualmente, este vem sendo intensamente pesquisado como prova da queda de um asteróide que causou uma das maiores extinções em massa, na passagem Cretáceo-Terciário. Este evento extinguiu cerca de 70% das então espécies vivas do planeta, entre as quais os dinossauros, os maiores e mais formidáveis répteis que habitaram o planeta.

Como foi descrito, os astroblemas enquanto estruturas geológicas presentes na Terra, e em outros astros rochosos, têm grande importância econômica como áreas potencialmente ricas em depósitos de minérios importantes no desenvolvimento e progresso dos países.

Hoje em dia, a associação de sua gênese com eventos de extinção biológica de larga escala torna o estudo dos astroblemas uma das mais interessantes áreas de investigação científica dos institutos de pesquisas geológicas do mundo. O conjunto de conseqüências dos impactos de bólidos sobre a Terra tornou-se um dos mais recentes paradigmas para explicar a evolução do planeta e dos organismos aqui viventes. A formação das grandes crateras de impacto que provocam mudanças geológicas e ameaçam a delicada cadeia da vida, cada vez mais tem estimulada sua pesquisa.

É da natureza humana querer conhecer suas origens, saber de onde viemos e para onde vamos. Assim, geólogos, paleontólogos e geofísicos esforçam-se no estudo dos astroblemas com o objetivo de compreender o passado e o presente da Terra e, se possível, encontrar respostas sobre o futuro, face a eventual recorrência desses eventos.

De volta ao passado: Paleontologia e paleontólogos

Âmbar, uma resina vegetal fossilizada, tem sido utilizado por milhares de anos como adorno de rara beleza e fascínio. Mas quando no seu interior aparecem restos de pequenos animais e plantas em perfeito estado de conservação, a jóia passa a constituir uma cápsula do tempo e objeto de estudo paleontológico.

A Paleontologia é a ciência que estuda evidências da vida pré-histórica preservadas nas rochas, os fósseis, e elucida não apenas seu significado evolutivo e temporal mas também sua aplicação na busca de bens minerais e energéticos. Para ter sucesso nesse campo o pretendente a paleontólogo precisa adquirir excelentes conhecimentos geológicos e sólidos fundamentos biológicos.

Nas últimas décadas, esta ciência tem passado por uma renascença, uma verdadeira revolução científica, devido, em parte, à grande popularidade de filmes e documentários sobre os mais intrigantes dos seres pré-históricos, os dinossauros, pterossauros e outros répteis associados, todos extintos, mas também em função de novas maneiras de investigar os fósseis no campo e de estudar o passado da vida no laboratório. Também pode se dizer que já passaram os dias em que o paleontólogo descrevia um ossinho ou uma conchinha pelo prazer de lançar um novo nome científico na literatura especializada, pois os fósseis armazenam muito mais informação do que se imaginava antigamente.

É claro que a descrição e identificação dos fósseis continuam importantes; afinal, essas informações fundamentam estudos de evolução e biodiversidade do passado e servem de base para a datação e correlação temporal das rochas sedimentares. Mas cada fóssil também possui uma história própria, desde a morte do organismo (animal, planta ou micróbio) até sua transformação final em fóssil, e essa história pode revelar detalhes do paleoclima, dos ambientes antigos de sedimentação e dos processos físico-químicos que afetaram os sedimentos desde sua deposição.

Novas tecnologias, principalmente na área da “paleontologia molecular”, têm propiciado avanços impressionantes em nossa compreensão dos princípios de vida na Terra e da cronologia das inovações evolutivas subseqüentes. Por exemplo, a variação em átomos de carbono em grafite mineral com idade de 3,8 bilhões de anos sugere que a vida é tão antiga quanto ao registro de material geológico terrestre (um pouco mais que 4 bilhões de anos).

Outro exemplo: a análise das diferenças sutis no sequenciamento de moléculas básicas a toda a vida (certos tipos de RNA e proteínas, por exemplo) aponta para a origem dos primeiros animais (microscópicos) em torno de 1 bilhão de anos atrás, mais 400 milhões de anos antes do aparecimento das primeiras evidências de animais visíveis ao olho nu!

O paleontólogo moderno é, portanto, um cientista polivalente pouco parecido com as exóticas figuras comumente veiculadas como paleontólogos nos filmes de antigamente.

Gemas – Flores do Reino Mineral

Gemas são cristais naturais ou sintéticos, às vezes com aspecto áspero ou irregular, transformados pelo ser humano em objetos lapidados e atrativos. Como tal, as gemas são empregadas em jóias desde tempos antigos e até como investimento em tempos modernos.

O conhecimento sobre gemas em Geociências está ligado à Mineralogia e Petrologia Geociências. Estas áreas estudam as características, o crescimento e as propriedades de minerais e a formação das rochas e do ambiente geológico onde se origina a maioria das gemas.

Gemas naturais

Gemas naturais são formadas em rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Elas ocorrem tanto em depósitos primários (nas próprias rochas) como em depósitos secundários, no fundo de rios em sedimentos ali depositados.

Entre as gemas encontram-se muitos minerais formados em rochas, tais como o diamante, o rubi, a safira, a esmeralda, a alexandrita, a opala, o olho de gato, o topázio, a turmalina, a granada, todas encontradas aqui no Brasil. Já as chamadas gemas orgânicas como ambar, pérola e coral, são formadas na biosfera. Tanto as gemas naturais como as orgânicas são raras e, por isso, muito valiosas.

Gemas sintéticas

Materiais gemológicos podem ser produzidos também em laboratório a um custo baixo, mas com a mesma qualidade de beleza e encanto que a gema natural.

Gemas como a rubi, safira, esmeralda, opala, alexandrita já tem o seu “clone” sintético. Até o diamante que se forma sob condições de pressões e temperaturas altíssimas em grandes profundezas do planeta, já foi sintetizado em laboratório, com custo sensivelmente baixo.

O Gemólogo

O profissional que estuda, testa e identifica gemas é o gemólogo. Este profissional deve ter bons conhecimentos de Mineralogia, Petrologia e Geologia, além de Física e Química para poder desempenhar este papel.

O gemólogo estuda as propriedades, identifica a natureza da gema, classifica-as em função do peso, lapidação, cor, dureza e pureza e opina ainda sobre o valor econômico destes materiais naturais.

Portanto, este profissional controla a qualidade das gemas, o que é fundamental para vendedores, compradores e colecionadores, atuando no controle das necessidades de avaliar muitas variedades de material existente no comércio, no descobrimento de novas gemas e assessorando tecnicamente no tratamento de gemas naturais.

Outro campo relevante de atuação se dá nos métodos de gemas sintéticas e no reconhecimento de gemas de imitação, as quais só têm a aparência de gema mas nunca seu valor econômico.

Leitura recomendada

Schumann, W.. 2002. Gemas do Mundo,9a.Edição, Editora Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, 280 ps.
Schumann, W.. 1986. Gemas do Mundo 3a.Edição, Editora Ao livro Técnico, Rio de Janeiro, 254 ps.
Schumann, W.. 1994. Rochas e Minerais, Editora Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, 223 p.

Geociências e Ecologia

Devemos ampliar o conceito corrente de ECOLOGIA, para ampliar o conhecimento sobre o ambiente que nos cerca e complementar a compreensão do ciclo natural global. Este, é mais amplo que o ciclo dos seres vivos, que ocorre numa escala de tempo muito restrita, e que tem sido abordado na maioria dos trabalhos ambientais atuais.

O chamado “Reino Mineral” ou “Mundo Inanimado”, que compreende os materiais das rochas e solos, constituídos principalmente por minerais, além da água, participa muito mais intensamente do ciclo dos seres vivos do que as informações divulgadas normalmente permitem imaginar. Pois as hortências não mudam de cor de acordo com o solo em que se enraízam? E as uvas não variam seu sabor da mesma forma? Estes são dois pequenos exemplos de todo um universo de interações entre os seres vivos e o ambiente terrestre no qual se instalaram.

Podemos ir mais longe, olhar numa escala maior e investigar as interações no Planeta, no Sistema Solar e no Universo como um todo. Pois nossos cabelos não crescem mais se aparados na lua cheia? E nossa agricultura não depende das estações do ano? Toda a matéria e toda a energia que vêm sendo transformadas e recicladas desde que se formou o Universo tal como nos é permitido conhecer hoje, tiveram uma origem comum, há pelo menos quinze bilhões de anos atrás.

Depois disso, muita coisa já sabemos da história do Universo e, principalmente da história da Terra e do Sistema Solar. Contudo, quanto mais sabemos, mais distante vemos a compreensão completa.

Enquanto isto, cumpre, ao menos, utilizar o que já sabemos para manter o equilíbrio dinâmico da superfície da Terra, que deu a oportunidade para a vida instalar-se, evoluir e chegar até esta etapa que nos inclui. E é neste ponto que se justifica a inserção da Geologia na cultura básica dos cidadãos e nas leituras e atividades das crianças.

Geociências e Educação Ambiental/Cidadania

O comportamento da espécie humana moderna (Homo sapiens sapiens) tem evoluído rapidamente desde sua origem, há cerca de 40 mil anos. De espécie nômade caçadora e coletora, passou a produtora (entre 20 e 10 mil anos atrás), com progressivo aumento das taxas de crescimento populacional e dos níveis de conforto e de esperança média de vida. Isto ocorreu à custa do desenvolvimento de diversas técnicas de aproveitamento dos recursos naturais, primeiramente para a produção rudimentar de armas e ferramentas e para o uso agrícola dos solos. Uma consequência foi a ocupação crescente de territórios e o uso dos recursos minerais, hídricos e energéticos. Hoje a população ultrapassa a marca de seis bilhões e, com a taxa anual de crescimento de cerca de 2%, pode chegar a 11 bilhões em meados deste século.

Com a Revolução Industrial, acentuou-se o grau de interferência nos processos naturais e efeitos indesejáveis no ambiente começaram a ser sentidos. Atualmente, temos bem caracterizados problemas de degradação ambiental mais ou menos graves, e que ocorrem em escala local ou global, todos eles com conseqüências negativas para a sobrevivência das formas de vida adaptadas ao ambiente da superfície da Terra até relativamente pouco tempo. Um exemplo típico é a atmosfera: sua camada de ozônio levou mais de 2 bilhões de anos para formar-se e, uma vez definida, possibilitou a ocupação dos meios aéreos pela Vida, até então restrita ao meio aquático. Atualmente, a destruição de parte da camada de ozônio representa uma ameaça à exposição natural ao Sol das espécies terrestres.

Muitos outros exemplos podem ser mencionados: erosão e perda dos solos agrícolas (perde-se num ano, por manejo inadequado, quantidades de solos que levam milhões de anos para formarem-se), rebaixamento de nível freático por exploração superdimensionada de aqüíferos, salinização de aqüíferos, contaminação do ar, água e solos, com entrada na cadeia alimentar de substância nocivas à saúde, aquecimento global, com redução das geleiras e subida do nível do mar. Nesta relação predominantemente predatória do ser humano com a natureza, uma das componentes é sem dúvida a falta de conhecimento, se não dos tomadores de decisão, da população em geral, privada de informações geológicas.

A conclusão disto tudo é que as próximas gerações já não terão direito a um ambiente tão saudável como as gerações passadas tiveram. A recuperação deste direito para as gerações futuras é uma meta mundial a ser atingida, o chamado Desenvolvimento Sustentável.

Com o entendimento deste quadro, têm surgido iniciativas no país no âmbito da Educação Ambiental. No entanto, a ênfase dada tem se referido à Biosfera, esquecendo-se que história da Vida e história da Terra estão intrinsecamente ligadas e a falta de temas relacionados à compreensão do funcionamento do meio físico terrestre promove o desenvolvimento de uma visão fragmentada e incompleta da Natureza. Mesmo o chamado “turismo ecológico” costuma se restringir à parte biológica da Natureza, preterindo os ambientes geológicos que acolhem as formas de vida mais visitadas e admiradas. Neste ponto, convém lembrar que os diversos países da Europa apresentam, no estudo de Ciências, os conteúdos de Geociências e Biociências de forma integrada, objetivando promover a compreensão global do Sistema Terra (chamado planeta vivo, muitas vezes). Como conseqüência, lá, o turismo natural interessa-se tanto pelos aspectos biológicos como pelos geológicos.

Para atingir o Desenvolvimento Sustentável, deve-se ampliar a percepção de que as conseqüências indesejáveis da interferência humana no meio ambiente poderiam ser evitadas ou minimizadas se fosse levada em conta a dinâmica natural dos processos geológicos. Entretanto, no Brasil, a Educação fundamental e média praticamente não contempla o estudo do Sistema Terra, levando à idéia equivocada de que as interferências humanas na Natureza com reflexos negativos podem ser recuperadas com obras de mesma ordem de grandeza daquelas que geraram os problemas. Sem o conhecimento da real dimensão dos processos geológicos, do caráter natural das mudanças globais e de seus aspectos históricos, de suas correlações com a Vida e sua evolução, e, por outro lado, do reconhecimento da escala de intensificação dos processos naturais que a atividade antrópica provoca, não se poderá formar cidadãos responsáveis no uso e ocupação do meio natural.

Assim, é necessário equilibrar a formação dos alunos dos níveis fundamental e médio, com a inclusão de maior conteúdo em Geociências, de preferência em disciplinas específicas ou em conjunto com as Biociências formando um todo coerente de História Natural, possibilitando aos alunos o desenvolvimento de uma visão do planeta como um sistema (em que participa a Biosfera) de processos interdependentes. Somente com esta visão poderão ser formados cidadãos conscientes e sensíveis aos problemas ambientais, que são inegavelmente urgentes.

Neste contexto, convém ressaltar o papel das Geociências nesta fase da História, que pode dar uma contribuição efetiva à busca de soluções para as dificuldades que a sociedade enfrenta, monitorando os processos evolutivos do planeta e reconhecendo as modificações antrópicas, buscando e gerenciando de forma otimizada o fornecimento de recursos minerais e energéticos para a continuidade das atividades econômicas, gerenciando de forma a conservar os recursos hídricos e de solos agrícolas, monitorando os desastres naturais de forma a contribuir para a minimização de suas conseqüências sobre a sociedade e buscando as formas mais adequadas de disposição dos resíduos gerados nas diversas esferas da atividade humana moderna. Com todas estas tarefas, justifica-se que a população em geral tenha acesso a uma formação básica mínima nesta área do conhecimento humano, o que contribuiria para um desenvolvimento responsável da sociedade e para o exercício da cidadania.

Alguns outros pontos podem ser citados na valorização do conteúdo em Geociências na Educação de crianças e adolescentes. Os processos geológicos ocorrem segundo as leis físicas e químicas naturais, sendo a Natureza um laboratório privilegiado para o estudo daquelas ciências. Além disso, o caráter histórico da evolução geológica da Terra e a interdependência entre os fenômenos locais e globais obrigam o estudante a uma constante mudança na escala de raciocínio, tanto temporal como espacial, contribuindo para o seu desenvolvimento intelectual.

A recente criação do curso “Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental”, no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, é um dos exemplos das iniciativas que têm sido tomadas para promover uma maior cultura em Ciências Naturais no país.

Geocronologia: O tempo registrado nas rochas

Qual a idade do planeta Terra? Como determinar a idade de uma rocha ou dos seus minerais? A geocronologia é a ciência que estuda métodos de determinar o tempo geológico, registrado nas rochas.

Durante a existência do ser humano, várias maneiras de se “contar” o tempo geológico foram idealizadas. As primeiras propostas, anteriores ao Iluminismo e à revolução industrial, eram baseadas nas escrituras bíblicas e promulgavam que a Terra teria aproximadamente 6.000 anos. O Arcebispo Usher (1581-1656), declarou que a Terra teria sido criada na noite anterior ao dia 23 de Outubro, um Domingo, do ano 4004 antes de cristo.

Com o avanço da ciência outros meios foram aventados para se calcular a idade da Terra. Uma delas foi calcular o tempo necessário para que o mar se tornasse salgado, pressupondo que este teria sido doce no início e que o sal teria sido levado pelos rios, a partir da dissolução das rochas aflorantes nos continentes. O cálculo obtido em 1899 indicou que a água do mar teria cerca de 90 milhões de anos. Mas, com o tempo, os pesquisadores descobriram que o sal das rochas não vai diretamente para o mar, ou seja, o mar não é a fase final, ele pode ser reciclado. Além disso, descobriram também que o sal do mar também é proveniente do manto e que a salinidade da água do mar é constante no tempo.

Houve ainda outras tentativas, como:

1) calcular o tempo através da espessura das camadas de areia, desde que se soubesse quanto tempo leva para formar uma camada de determinado tamanho (taxa de sedimentação). Contudo este método está prejudicado, pois não há registro preservado que contenha todas as camadas de areias empilhadas desde o princípio da Terra, face à dinâmica transformadora do planeta e a taxa de sedimentação não é constante no tempo.
2) calcular o tempo pela perda de calor da Terra (Estimativas de Lord Kelvin). Os pesquisadores observaram que em minas profundas o calor era maior do que na superfície e que, portanto, havia uma perda de calor. Essa perda deve ter acompanhado toda a história da Terra, começando com as rochas fundidas. O problema é que ainda não se tinha conhecimento suficiente de ponto de fusão da crosta, nem das altas pressões que atuam no interior da Terra e nem do calor interno gerado pelo decaimento radioativo (ver adiante). Assim esta estimativa de tempo não era real.

Todos esses meios de estimar a idade da Terra (séculos XVI e XVII) não passavam de 100 milhões de anos e não contribuíam para a aceitação da então nova teoria da origem das espécies de Charles Darwin (1809-1882), pois uma Terra jovem (100 milhões de anos) não poderia ter mantido a longa estabilidade que Darwin julgava necessária para a evolução gradual das espécies e sua diversificação.

Atualmente, existem dois modos de saber o quão velha é uma rocha:

O método relativo observa a relação temporal entre camadas geológicas, baseando-se nos princípios estratigráficos de Steno (1669) e Hutton (1795). Por exemplo, a presença de fósseis, onde se conhece o período de tempo de existência dos mesmos, pode-se indicar a idade da camada geológica em que o fóssil foi encontrado e por relação, indicará que a camada que está abaixo dessa é mais velha e a camada que está por cima é mais nova.

O método absoluto utiliza os princípios físicos da radioatividade e fornece a idade da rocha com precisão. Esse método está baseado nos princípios da desintegração (ou decaimento) radioativa. Desta maneira, o uso desse método, só foi possível depois da descoberta da radioatividade (1896), no final do século XIX. Em 1911, Arthur Holmes, publicou um trabalho sobre datação radioativa. Dentre os elementos químicos existentes, há alguns que possuem o núcleo do átomo instável e são conhecidos como nuclídeos radioativos. Estes elementos, através da emissão espontânea de radiação, se transformam em elementos estáveis (nuclídeos radiogênicos). Dessa maneira o elemento-pai (radioativo) se desintegra emitindo radiação e se transforma no elemento-filho (radiogênico), como o 87Rb quando se transforma em 87Sr.

Há dois pontos importantes que permitem o cálculo da idade absoluta de uma rocha ou mineral:

1) as rochas são formadas por minerais, os quais são constituídos por elementos químicos e alguns desses, por sua vez, são nuclídeos radioativos;
2) o conceito de decaimento radioativo envolve uma constante chamada meia-vida, que é o tempo decorrido para que metade da massa do elemento-pai se transforme no elemento-filho. Essa constante é conhecida e diferente para cada nuclídeo radioativo existente (Tabela 1, Figura 1).

Cada grão mineral é um crônometro do tempo geológico, assim que ele se forma, tem início o decaimento radioativo. Sendo assim, determinando-se a quantidade de elemento-pai e de elemento-filho em um mineral hoje, é possível saber há quanto tempo está acontecendo o decaimento radioativo e, portanto quando o mineral se formou.

Mas como os pesquisadores fazem para separar e extrair os elementos-pai e -filho da rocha, para quantificá-los? A rocha tem que ser dissolvida, transformada em líquido. A maneira mais rápida e eficiente é aumentando a superfície de contato da rocha, pulverizando a amostra (Figura 2) e dissolvendo-a com ácido, além de utilizar chapas aquecedoras que aumentem a velocidade da reação.

Depois da rocha ter sido dissolvida, as ligações químicas que existem dentro dos minerais que a formam terão sido quebradas e os elementos, inclusive os radioativos, ficarão na forma de íons em solução, ou seja, separados e “imersos” em uma solução ácida (Figura 3). Dessa maneira fica mais fácil extrair os elementos-pai e -filho que serão analisados e medidos. Cada elemento químico tem uma característica físico-química diferente, se comportando de maneira variada em função da condição do ambiente (ácido, muito ou pouco ácido e básico). Utilizando essas propriedades, os elementos de interesse são separados e extraídos da solução inicial.

O próximo passo é levar os elementos, que agora estão individualizados em uma outra solução, para um aparelho, que se chama Espectrômetro de Massa (Figura 4), no qual cada elemento separado será medido. Depois, então, os cálculos baseados na meia-vida do elemento radioativo são feitos e a idade da rocha é obtida. O Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP (CPGeo) faz datações de rocha pelo método absoluto desde 1964.

A idade da Terra foi calculada pelo método absoluto e indica que o nosso planeta tem 4,56 bilhões de anos, portanto bem mais velho do que os estudiosos antigos imaginavam. Porém o registro mais antigo do planeta, determinado em cristais contidos em rocha, tem 4,4 bilhões (Austrália). A Terra está em constante mudança. Sua crosta está continuamente sendo criada, modificada e destruída (saiba mais sobre o ciclo das rochas). Como resultado, rochas que registram a história embrionária do planeta não foram encontradas e provavelmente não existem mais. Portanto, a idade da Terra não pode ser obtida diretamente de material terrestre.

Então como saber que a Terra tem essa idade? Os cientistas presumem que todos os corpos do Sistema Solar (Figura 5) se formaram na mesma época, inclusive os meteoritos (provenientes do cinturão de asteróides). Sendo assim, como os meteoritos são corpos extraterrestres que caem na superfície da Terra, eles podem ser datados e sua idade é a mesma da formação do planeta, ou seja, 4,56 bilhões de anos. Esta idade foi determinada, pela primeira vez, por Claire Patterson em 1956, usando os isótopos de chumbo (Pb).

Nos Estados Unidos existem correntes religiosas que ainda defendem a idade de 6000 anos para a Terra e lutam para que isso seja ensinado nas escolas, juntamente com a teoria criacionista (Deus é criador do Homem e do Planeta, como está escrito na Bíblia), em detrimento à teoria da evolução de Darwin, que com o método absoluto de datação e uma Terra com bilhões de anos, se torna incontestável.

O ciclo das rochas

1. Introdução

A Terra é um planeta vivo e seus continentes estão em constante movimento, devido à dissipação de calor do interior do planeta. A tectônica global analisa o comportamento dinâmico do planeta, enfocando em conjunto os processos a ela ligados, tais como o magmatismo, a sedimentação, o metamorfismo e as atividades sísmicas (terremotos).

A geologia é a ciência que estuda a origem e a evolução do nosso planeta, através da análise das rochas e seus minerais. As rochas que formam os continentes e fundos dos oceanos registram os fenômenos de transformação da superfície e do interior da crosta terrestre.

2. Os tipos de rochas

2.1. Rochas ígneas

As rochas ígneas (do latim ignis, fogo) são também conhecidas como rochas magmáticas. Elas são formadas pela solidificação (cristalização) do magma, que é um líquido com alta temperatura, em torno de 700 a 1200oC, proveniente do interior da Terra.

As rochas ígneas podem conter jazidas de vários metais (ouro, platina, cobre, estanho, etc.) e trazem à superfície do planeta importantes informações sobre as regiões profundas da crosta e do manto terrestre.

O tamanho dos cristais das rochas ígneas é, em geral, proporcional ao tempo de resfriamento do magma, isto é, quanto mais lenta for a cristalização de um magma, maiores são os cristais formados e vice-versa.

Magmas cristalizados a grandes profundidades no interior da crosta esfriam lentamente, possibilitando que seus cristais se desenvolvam até atingir tamanhos visíveis a olho nu (>> 1 mm). Rochas ígneas deste tipo são denominadas rochas plutônicas, como por exemplo o granito.

Nos vulcões, o magma (lava) atinge a superfície da crosta e entra em contato com a temperatura ambiente, resfriando-se muito rapidamente. Como a solificação é praticamente instantânea, os cristais não têm tempo para se desenvolver, sendo portanto muito pequenos, invisíveis a olho nu (<<1mm). Rochas deste tipo são denominadas rochas vulcânicas, como o basalto. Quando o magma se cristaliza muito próximo à superfície, mas ainda no interior da crosta, o resfriamento é um pouco mais lento que o das rochas vulcânicas, permitindo que os cristais sejam visíveis a olho nu, embora ainda de tamanho pequeno (~1mm). Rochas deste tipo são denominadas rochas sub-vulcânicas, a exemplo do diabásio. 2.2. Rochas sedimentares

As rochas sedimentares são o produto de uma cadeia de processos que ocorrem na superfície do planeta e se iniciam pelo intemperismo das rochas expostas à atmosfera.

As rochas intemperisadas perdem sua coesão e passam a ser erodidas e transportadas por diferentes agentes (água, gelo, vento, gravidade), até sua sedimentação em depressões da crosta terrestre, denominadas bacias sedimentares. A transformação dos sedimentos inconsolidados (p. ex. areia) em rochas sedimentares (p. ex. arenito) é denominada diagênese, sendo causada por compactação e cristalização de materiais que cimentam os grãos dos sedimentos.

As rochas sedimentares fornecem importantes informações sobre as variações ambientais ao longo do tempo geológico. Os fósseis, que são vestígios de seres vivos antigos preservados nestas rochas, são a chave para a compreensão da origem e evolução da vida.

A importância econômica das rochas sedimentares está em conterem, em determinadas situações, petróleo, gás natural e carvão mineral, que são as principais fontes de energia do mundo moderno.

As rochas sedimentares formadas pela acumulação de fragmentos de minerais ou de rochas intemperizadas são denominadas rochas clásticas ou detríticas, como o arenito. Existem também rochas sedimentares formadas pela precipitação de sais a partir de soluções aquosas saturadas (p. ex. evaporito) ou pela atividade de organismos em ambientes marinhos (p. ex. calcário), sendo denominadas rochas não-clásticas ou químicas.

2.3. Rochas metamórficas

As rochas metamórficas são o produto da transformação de qualquer tipo de rocha, quando esta é levada a um ambiente onde as condições físicas (pressão, temperatura) são muito distintas daquelas onde ela se formou. Nestes ambientes, os minerais podem se tornar instáveis e reagir formando outros minerais, estáveis nas condições vigentes.

Como os minerais são estáveis em campos definidos de pressão e temperatura, a identificação de minerais das rochas metamórficas permite reconhecer as condições físicas em que ocorreu o metamorfismo.

O estudo das rochas metamórficas permite identificar grandes eventos geotectônicos ocorridos no passado, fundamentais para o entendimento da atual configuração dos continentes.

As cadeias de montanhas (por exemplo Andes, Alpes, Himalaias) são grandes deformações da crosta terrestre, causados pelas colisões de placas tectônicas. As elevadas pressões e temperaturas existentes no interior das cadeias de montanhas durante sua edificação são o principal mecanismo formador de rochas metamórficas.

O metamorfismo pode ocorrer também em outras situações, ao longo de planos de deslocamentos de grandes blocos de rocha (alta pressão) ou nas imediações de grandes volumes de magmas, devido à dissipação de calor (alta temperatura).

3. O ciclo das rochas

O ciclo das rochas representa as diversas possibilidades de transformação de um tipo de rocha em outro.
Os continentes se originaram ao longo do tempo geológico pela transferência de materiais menos densos do manto para a superfície terrestre. Este processo ocorreu principalmente através de atividade magmática.

As rochas, uma vez expostas à atmosfera e à biosfera passam a sofrer a ação do intemperismo, através de reações de oxidação, hidratação, solubilização, ataques por substâncias orgânicas, variações diárias e sazonais de temperatura, entre outras. O intemperismo faz com que as rochas percam sua coesão, sendo erodidas, transportadas e depositadas em depressões onde, após a diagênese, passam a constituir as rochas sedimentares.

A cadeia de processos de formação de rochas sedimentares pode atuar sobre qualquer rocha (ígnea, metamórfica, sedimentar) exposta à superfície da Terra.

Devido à migração dos continentes durante o tempo geológico, as rochas podem ser levadas a ambientes muito diferentes daqueles onde elas se formaram. Qualquer tipo de rocha (ígnea, sedimentar, metamórfica) que sofra a ação de, por exemplo, altas pressões e temperaturas, sofre as transformações mineralógicas e texturais, tornando-se uma rocha metamórfica.

Se as condições de metamorfismo forem muito intensas, as rochas podem se fundir, gerando magmas que, ao se solidificar, darão origem a novas rochas ígneas.

O ciclo das rochas existe desde os primórdios da história geológica da Terra e, através dele, a crosta de nosso planeta está em constante transformação e evolução.

O sistema químico dinâmico da Terra

A Terra sólida que fica ao nosso alcance – as rochas superficiais e os solos delas derivadas por desgaste físico e químico – é constituída por minerais, ou seja, compostos químicos inorgânicos. Os elementos destes compostos já se achavam presentes à época da formação da Terra, há cerca de 4,5 bilhões de anos atrás.

A composição do interior terrestre possivelmente é similar na sua parte mais externa (a crosta e o manto; Figura 1) a algumas das rochas presentes na superfície, embora os minerais alí presentes sejam diferentes.

Uma parte da contribuição da Química às Ciências Geologicas está na compreensão da estabilidade dos minerais, e das reações que podem ocorrer entre eles e seu meio.

A Terra-laboratório

Imagine um edifício com vários laboratórios. No piso térreo, são realizadas experiências sob condições de pressão e temperatura compatíveis com aquelas da superfície terrestre. Investigam-se aqui os efeitos da atmosfera oxidante, da água da chuva (geralmente, levemente ácida) e dos organismos sobre os minerais e rochas que se encontram expostos na superfície da terra. São enfocados diferentes aspectos em cada caso, em reposta às seguintes questões: qual o destino dos elementos químicos, usados como nutrientes pelas plantas, durante a decomposição das rochas e dois minerais?; ou ainda, os elementos químicos que poluem o meio-ambiente em conseqüência da atividade industrial descontrolada são fixados em quais produtos formados na superfície?; Em que ponto do espaço e do tempo estes compostos superficiais se formam?

No primeiro subsolo, em equipamentos diferentes, porém igualmente especiais, pesquisa-se o comportamento de óxidos de magnésio, alumínio, cálcio, sílico, ferro e outros elementos químicos sob temperaturas de até pouco menor que 2.000°C, e pressões de até umas centenas de milhares de vezes superior à pressão atmosférica, que é de 1 kg.cm-2, aproximadamente. Pesquisa-se, também, o comportamento de silicatos de magnésio, alumínio, cálcio e ferro. Novamente, busca-se saber quais os minerais estáveis sob cada condição de pressão e temperatura, quando teve início o processo de fusão das misturas de minerais investigadas.

Finalmente, no segundo subsolo, as experiências são realizadas em equipamentos, sob condições de temperatura de milhares de graus centígrados e de pressão da ordem de milhões de vezes superior à da pressão atmosférica. Estuda-se aqui o comportamento de ligas metálicas, de ferro e níquel, na presença de pequenas quantidades de enxofre, oxigênio, e outros elementos químicos. Verifica-se, também, as condições de início de fusão das misturas, e a natureza dos compostos químicos produzidos em cada experiência.

Em suma, neste edifício, os cientistas tentam simular os diferentes sistemas químicos que compõem a Terra, de acordo com sua estruturação em uma fina crosta superficial, um manto espesso e núcleo (Fig. 1). No piso térreo, simulam-se as reações movidas predominantemente pela energia solar. No primeiro subsolo, as experiências objetivam estudar o manto e a crosta terrestre. No segundo subsolo, estudam-se os fenômenos que podem estar acontecendo na camada menos acessível do planeta, o núcleo. Nestas duas últimas camadas, a energia que movimenta os processos é fundamentalmente o calor interno do planeta.

Como surgiu a estrutura interna da Terra

Considera-se que o planeta Terra tenha se formado no interior de uma nebulosa solar quente (composta por gases e sólidos na forma de poeira) a partir de componentes químicos mais refratários, que se condensaram em temperaturas muito altas. Assim, os elementos químicos mais abundantes do planeta são bastante restritos, a saber: ferro (que pode existir como metal, como óxido, ou silicato, ou sulfeto), oxigênio (geralmente, combinado com outros elementos, especialmente com o sílicio), silício, magnésio (geralmente como óxido ou silicato), níquel (como liga junto ao ferro, silicato junto ao magnésio, ou sulfeto junto ao ferro), enxofre (nos sulfetos), cálcio (como óxido ou silicato) e alumínio (como óxido ou silicato). Estes oito elementos, juntos, compõem cerca de 90% da massa do nosso planeta.

Durante o processo de formação da Terra, os condensados e as partículas de poeira colidem e unem-se, umas às outras. As massas dos aglomerados e as velocidades das colisões crescem rapidamente. Em contrapartida, o número de corpos presentes decresce. Surgem primeiro grande número de corpos planetesimais, muito menores que a Lua. Depois de múltiplas colisões, surgem os protoplanetas, com dimensões parecidas com a da Lua. A energia das colisões leva ao aquecimento dos corpos, e isto promoveu a fusão, pelo menos parcial, dos componentes de menor ponto de fusão: o ferro metálico e sulfetos de ferro e níquel líquidos, os quais, por serem mais densos, acumulam-se no centro do planeta, enquanto os outros materiais mais leves concentram-se ao redor deste núcleo, no manto espesso, e na crosta. Esta separação chama-se de diferenciação primária.

Para onde foram os elementos químicos durante a diferenciação primária? E o que aconteceu depois?

Com a estrutura precoce do planeta formou-se o núcleo metálico e o manto e a crosta silicáticos. O ferro participa de todas as “camadas”, enquanto magnésio, silício e oxigênio (por exemplo) participam essencialmente do manto e da crosta. Elementos de grande interesse econômico, como o níquel, ouro e elementos do grupo de platina, apresentam grande afinidade química com ligas de ferro ou os sulfetos. Tais elementos podem ter sido concentrados no núcleo no momento da diferenciação primária, e desse modo são escassos nas outras camadas. De outra parte, elementos alcalinos, tais como o sódio e potássio, concentram-se em minerais silicáticos de maior facilidade de fusão, e tendem a concentrar-se na crosta terrestre.

Após a diferenciação primária, o material do manto e da crosta sofre reciclagem e reprocessamento em decorrência da convecção que, durante o resfriamento, promove a transferência de calor do interior da Terra para a superfície. As transferências de calor são acompanhadas pelo transporte de material em direção à superfície. Em profundidades moderadas no interior da Terra, ocorrem processos de fusão parcial. Alguns elementos (tais como magnésio e níquel) tendem a ficar na parte refratária, não fundida, enquanto outros elementos tendem a se concentrar no fundido (a exemplo dos elementos alcalinos, como sódio e potássio).
Os líquidos produzidos (ou seja, os magmas) migram e consolidam-se como componentes da crosta terrestre. Como compensação do processo de ascensão do material quente e menos denso, ocorre descida de material mais frio e mais denso que retorna ao interior da Terra parte dos componentes materiais da crosta e do manto superior raso.

Os movimentos tridimensionais de ascensão e descida de matéria rochosa podem abranger toda a extensão do manto, como deve ocorrer, por exemplo, embaixo da ilhas Havaí no meio do Oceano Pacífico, ou podem envolver apenas a parte do manto raso, como deve acontecer embaixo do Oceano Atlântico. Os movimentos de fluxo térmico e materiais verticais são acompanhados por movimentos laterais que movimentam as placas litosféricas, que constituem os diversos segmentos da crosta da Terra (Fig. 2). Esta diferenciação secundária começou logo após a diferenciação primária da Terra, e continua até hoje.

Assim, tanto o manto quanto a crosta terrestre representam sistemas químicos dinâmicos. Por enquanto, não se se o núcleo pode representar um sistema fechado, que não interage quimicamente com as outras camadas do planeta, ou se existe troca de componentes químicos com o manto, acompanhando a evolução dinâmica da Terra.

Os minerais e suas aplicações

A Mineralogia, ciência dos minerais, relaciona-se diretamente não só com a Geologia, como também com a Física e a Química.

Os minerais são sólidos inorgânicos que têm composição química em proporções características e cujos átomos são arranjados num padrão interno sistemático.

Agregados, ou combinações, de um ou mais minerais originam as rochas.

As propriedades físicas podem ser muito úteis na determinação dos minerais. Entre essas propriedades, as mais usadas são: forma dos cristais, cor, brilho, cor do traço, dureza, clivagem, fratura, densidade relativa, propriedades organolépticas e efervescência.

Os minerais podem ser agrupados com base na composição química. O grupo mais abundante é o dos silicatos (por exemplo: quartzo – SiO2). Os principais grupos não silicatos são: elementos nativos (ouro – Au), sulfetos (pirita – FeS2), óxidos (magnetita – Fe3O4), halóides (fluorita – CaF2), carbonatos (calcita – CaCO3), sulfatos (barita – BaSO4) e fosfatos (apatita – Ca5(PO4)3(F, Cl, OH)).

Os minerais são indispensáveis ao bem-estar, à saúde e ao padrão de vida do ser humano.

Alguns usos dos minerais:

Minerais metálicos podem ser importantes para a sociedade: galena (minério de chumbo), hematita (minério de ferro), cassiterita (minério de estanho), cromita (minério de cromo).

Minerais usados na indústria química: pirita – fornece enxofre para a fabricação do ácido sulfúrico, halita – fonte de sódio e de cloro.

Minerais de interesse gemológico: diamante, coríndon (rubi e safira), topázio, berilo (água-marinha e esmeralda).

Minerais usados para fabricação de fertilizantes: silvita – fonte de potássio.

Minerais usados na construção civil: calcita – fabricação de cimentos e cal para argamassa, gipso – produção de gesso.

Minerais usados como abrasivos: diamante, granada, coríndon.

Minerais usados para cerâmica: argila, feldspato.

Minerais usados nos aparelhos ópticos e científicos: quartzo, calcita.

Os minerais são recursos naturais não renováveis e o seu aproveitamento deve ser feito de forma racional e sustentável.

Apreciar minerais é também uma forma de apreciar a natureza.

PETRÓLEO

A utilização do petróleo através dos tempos

A palavra petróleo vem do latim, petra e oleum, correspondendo à expressão “pedra de óleo”. O petróleo ocorre na natureza ocupando vazios, existentes entre os grãos de areia na rocha, ou pequenas fendas com intercomunicação, ou mesmo cavidades também interligadas.
Estudos arqueológicos mostram que a utilização do petróleo iniciou-se 4000 anos antes de Cristo, sob diferentes denominações, tais como betume, asfalto, alcatrão, lama, resina, azeite, nafta, óleo de São Quirino, nafta da Pérsia, entre outras.
O petróleo é conhecido desde tempos remotos. A Bíblia já traz referências sobre a existência de lagos de asfalto e diversas ocasiões em que foi utilizado como impermeabilizante. O líquido foi utilizado por hebreus para acender fogueiras, nos altares onde eram realizados sacrifícios, por Nabucodonosor, que pavimentava estradas na Babilônia, pelos egípcios na construção de pirâmides e conservação de múmias, além do uso como combustível para iluminação por vários povos.

Os gregos e romanos embebiam lanças incendiárias com betume, para atacar as muralhas inimigas. Após o declínio do Império Romano, os árabes também empregaram-no com a mesma finalidade. Há relatos de que, quando os espanhóis chegaram na América, Pizarro deu conta da existência de uma destilaria que era operada por incas. Supõe-se que o líquido citado representava resíduo de petróleo encontrado em surgências na superfície.
A moderna era do petróleo teve início em meados do século XIX, quando um norte-americano conhecido como Coronel Drake encontrou petróleo a cerca de 20 metros de profundidade no oeste da Pensilvânia, utilizando uma máquina perfuratriz para a construção do poço. Os principais objetivos eram então a obtenção de querosene e lubrificantes. Nessa época, a gasolina resultante da destilação era lançada aos rios (prática comum na época) ou queimada, ou então misturada no querosene, por ser um explosivo perigoso.

Entretanto, a grande revolução do petróleo ocorreu com a invenção dos motores de combustão interna e a produção de automóveis em grande escala, que deram à gasolina (obtida a partir do refino do petróleo) uma utilidade mais nobre.

Formação, acumulação e prospecção do petróleo e do gás natural

O termo petróleo, a rigor, envolve todas as misturas naturais de compostos de carbono e hidrogênio, os denominados hidrocarbonetos, incluindo o óleo e o gás natural, embora seja também empregado para designar apenas os compostos líquidos.
O petróleo é formado em depressões da crosta terrestre após o acúmulo de sedimentos trazidos pelos rios das partes mais elevadas, ao seu redor, em ambiente aquoso. A imagem mais facilmente compreensível depressões, ou bacias sedimentares, dessas uma bacia sedimentar é a de uma ampla depressão coberta de água, seja um lago ou um mar que sofre rebaixamento contínuo no tempo geológico.
Dentre diversas teorias existentes para explicar a origem do petróleo, a mais aceita, atualmente, é a de sua origem orgânica, ou seja, tanto o petróleo como o gás natural, são combustíveis fósseis, da mesma forma que o carvão.

Sua origem se dá a partir de matéria orgânica, animal e vegetal (principalmente algas), soterrada pouco a pouco por sedimentos caídos no fundo de antigos mares ou lagos, em condições de ausência de oxigênio, que, se ali existisse, poderia destruí-los por oxidação. Entretanto, mesmo assim a matéria orgânica desses tecidos passou por drásticas modificações, graças à temperatura e à pressão causada pelo soterramento prolongado, de modo que praticamente só restaram o carbono e o hidrogênio, que, sob condições adequadas, combinaram-se para formar o petróleo ou gás.
A grande diferença entre a formação do carvão mineral e dos hidrocarbonetos e a matéria-prima, ou seja, principalmente material lenhoso para o carvão e algas para os hidrocarbonetos, o que é definido justamente pelo ambiente de sedimentação. Normalmente, o petróleo e o gás coexistem, porém, dependendo das condições de pressão e temperatura, haverá maior quantidade de um ou de outro.

Para que grandes quantidades de petróleo se formem, é necessária a presença de três fatores: vida exuberante, contínua deposição de sedimentos, principalmente argilas, concomitante com a queda de seres mortos ao fundo da bacia e, finalmente, o rebaixamento progressivo desse fundo, para que possam ser acumulados mais sedimentos e mais matéria orgânica sobre o material já depositado.
Em Geologia, o tempo desempenha um papel importantíssimo. As condições acima descritas têm que perdurar por milhões de anos, e a própria transformação da matéria orgânica original em petróleo demanda outros milhões de anos, para que a temperatura e a pressão atuantes na crosta, além do tempo, possam interagir na formação do petróleo.
O petróleo e o gás, entretanto, não é encontrado nas rochas em que se formou.

Durante o longo processo de sua formação, ocorre sua expulsão da chamada rocha geradora, formada por sedimentos finos que consistem de folhelhos, argilitos, sal, etc, que é praticamente impermeável, para rochas porosas e permeáveis adjacentes (acima, abaixo ou ao lado), formadas normalmente por arenitos. Dessa maneira, o petróleo permanece sob altíssima pressão nas rochas porosas, denominadas rochas reservatório, até que seja eventualmente alcançado pela perfuração de um poço.
De um modo geral, a fase exploratória mais dispendiosa é a da perfuração de poços. A decisão de perfurá-los é antecedida de extensa programação e elaboração de estudos, que permitam um conhecimento tão detalhado quanto possível das condições geológicas presentes na região, tanto na superfície como em subsuperfície. As perfurações se orientarão, assim, para as áreas que tenham, de fato, as maiores possibilidades de conter acumulações de óleo ou gás.

Para localizar o petróleo ou gás numa bacia sedimentar, os especialistas firmam-se em dois princípios fundamentais: 1) o petróleo se aloja numa estrutura localizada na parte mais alta de um compartimento de rocha porosa, isolada por camadas impermeáveis. Essa estrutura é denominada armadilha ou trapa (veja na figura, no final do texto); 2) essas estruturas são resultantes de modificações sofridas pelas rochas ao longo do tempo geológico, especialmente a sua deformação, através do desenvolvimento de dobras e falhas na crosta terrestre. Os diversos estágios da pesquisa petrolífera orientam-se por fundamentos de duas ciências: a Geologia e a Geofísica.

Geologia do Petróleo

A aplicação da Geologia à pesquisa do petróleo e gás natural é de extrema importância, porque essa ciência explica o porque da ocorrência do hidrocarboneto em determina localidade. Explica também sua origem, a que tipo de rocha se associa e quais os eventos geológicos responsáveis pela formação de uma jazida economicamente aproveitável. Após minuciosos estudos geológicos é que se pode saber se há ou não conveniência na aplicação de grandes capitais destinados à procura e exploração do petróleo.
O geólogo especializado nessa área de atuação participa em todas as fases da pesquisa. Faz o reconhecimento da bacia sedimentar, localiza e estuda as estruturas mais potenciais ao acúmulo de petróleo ou gás e presta assessoria ao geofísico, com informações geológicas, necessárias à interpretação dos resultados sísmicos.

O geólogo do petróleo coordena, no campo, o conjunto de profissionais envolvidos nos trabalhos de exploração, supervisiona todas as fases do processo de pesquisa, mantém-se presente durante a perfuração do poço pioneiro, examina as amostras coletadas, verifica e elabora os testes pertinentes a cada indício de óleo em profundidades diferentes, que vão sendo atingidas através da perfuração. Após a consumação do poço pioneiro, o geólogo continua se fazendo presente junto ao agrupamento, até que seja demarcado definitivamente o campo de petróleo encontrado.
Um aspecto relevante na participação do geólogo do petróleo está no cuidado com o meio ambiente. Trata-se de um profissional que recebe, em sua formação, uma base muito bem fundamentada, relativa à questão ambiental.

No campo, as equipes sob sua coordenação recebem as mais completas orientações no sentido de se manter uma convivência adequada e harmoniosa com o meio ambiente, recolhendo os rejeitos dos produtos utilizados, e preservando as espécies animais e vegetais presentes na região em que se desenvolvem os trabalhos.

Rochas ornamentais – tradição e modernidade

A humanidade se utiliza do ambiente geológico desde os primórdios tempos. Inicialmente utilizavam-se cavernas para o abrigo e proteção, o que pode ser comprovado pelas inúmeras ilustrações rupestres existentes e m seu interior, que retratam o modo de vida naquela época. Posteriormente pontas de lanças, martelos e outros artefatos foram fabricados por nossos antepassados e tiveram papel fundamental na supremacia do ser humano sobre outras espécies. Com o avanço da civilização, os seres humanos passaram a modificar as rochas, cortando-as e transportando-as, e utilizando-as como material de construção de suas casas. Mais tarde utilizaram as rochas para construção de monumentos e aquedutos, pavimentar ruas, e inúmeras outras aplicações. Muitas dessas construções estão intactas até hoje.

Nos dias atuais a rocha continua sendo utilizada como material de construção, ora como um agregado para a fabricação do concreto (p.e. pedra britada), ora “in natura” como elemento estrutural e também em placas ou ladrilhos como material de revestimento.
A rocha, uma vez cortada e polida apresenta características próprias, que dependem da história geológica por que passou desde sua formação na Terra.
As rochas ígneas, de maneira geral, caracterizam-se pela altíssima resistência mecânica e, portanto, são apropriadas para suportar grandes esforços mecânicos e tráfego. Um exemplo de aplicação é o piso da estação Sé do Metrô de São Paulo, por onde circulam centenas de milhares de pessoas diariamente. O pátio do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo é, também, revestido com rocha ígnea (granito).
Os mármores, que representam rochas metamórficas, têm uma composição carbonática e, portanto, são relativamente menos resistentes do que as rochas ígneas.

Apresentam uma grande variedade de padrões texturais e de cores o que permite sua adaptação a diferentes projetos arquitetônicos, sendo como tal mais apropriados para revestimento de paredes. Este tipo de rocha pode ser visto revestindo as paredes internas de vários prédios públicos e “shopping centers”.
As rochas sedimentares, apesar de menos resistentes à abrasão, também são muito utilizadas como elemento estrutural e mesmo de revestimento. Como exemplo de sua aplicação têm-se as pirâmides do Egito que vêm resistindo às intempéries durante milhares de anos e também o Teatro Municipal de São Paulo, onde rochas sedimentares (arenitos) foram usadas como elementos estruturais (blocos e colunas).
As ardósias, rochas levemente metamorfizadas, são muito populares para o revestimento de pisos, assim como os quartzitos, que são aplicados em beiras de piscinas devido à sua resistência e característica antiderrapante.

Inúmeras ruas são pavimentadas com blocos de rocha (paralelepípedos) que conjugam a altíssima durabilidade da rocha com ótimas características de drenagem.
Pode-se dizer que, independentemente do tipo de rocha utilizada, sua aplicação irá sempre enobrecer e valorizar a construção. A rocha se impõe como um material de construção tanto tradicional como moderno, graças às suas propriedades de resistência, suas tonalidades e aos inigualáveis arranjos multiformes de sua textura. No Brasil são extraídas anualmente 5,2 milhões de toneladas de rochas para revestimento, das quais 50% são utilizadas na Grande São Paulo. Um percentual crescente tem sido exportado para diversos países, principalmente europeus e asiáticos. Este mercado, representado internamente por mais de 3000 marmorarias espalhadas pelo Brasil, vem crescendo ano a ano e exigindo um conhecimento técnico cada vez melhor da matéria prima.

Os geólogos, graças à sua formação, conhecem as rochas e as aplicações mais apropriadas para cada tipo rocha, de forma a se alcançar um ótimo desempenho, considerando as propriedades da rocha, suas qualidades e deficiências, aliadas à melhor solução arquitetônica.

Conclusão

Durante todo este trabalho pude ter a oportunidade de conhecer mais sobre Geologia. Não foi fácil encontrar todos os temas relacionados e por vez resolvi voltar a trás sobre alguns assuntos para não fugir do tema principal. Resolvi colocar algo a mais dando ênfase a disciplina e a Geologia como ciência que ajuda e muito a humanidade. Desta maneira procurei deixar o trabalho mais humano. Para mim foi uma grande experiência, percebi que a Geologia é muito ampla e interessante e de estudo fundamental para a humanidade.