

## Minerais e rochas

### *Generalidades*

A crosta terrestre é formada essencialmente de rochas, cujos constituintes são, na maioria das vezes, os minerais, podendo, também constituir-se dos chamados mineralóides, como o vidro vulcânico, o carvão, ou outros compostos de origem orgânica.

**Mineral.** — É um elemento ou um composto químico, via de regra, resultante de processos inorgânicos, de composição química geralmente definida e encontrado naturalmente na crosta terrestre. Os minerais, em geral, são sólidos. Somente a água e o mercúrio se apresentam no estado líquido, em condições normais de pressão e temperatura.

**Rocha.** — É um agregado natural, formado de um ou mais minerais (podendo, eventualmente, tratar-se de vidro vulcânico ou matéria orgânica, que são os mineralóides), que constitui parte essencial da crosta terrestre e é nitidamente individualizado. Por isso, as rochas ocorrem em extensões consideráveis na crosta terrestre, podendo, na maioria das vezes, ser representadas em mapas geológicos. São elas nitidamente individualizadas, porque os minerais se agregam obedecendo a leis físicas, químicas ou físico-químicas, dependendo das condições em que se forma esta ou aquela rocha. Esta agregação, portanto, não se dá ao acaso. Não

é necessário que a rocha seja consolidada. As areias, argilas, etc., desde que representem corpos independentes, individualizados e extensos, são consideradas rochas.

### *Minerais*

**Propriedades físicas dos minerais.** — **ESTRUTURA** — Quase todos os minerais ocorrem no *estado cristalino*, no qual os átomos ou agrupamentos de átomos são dispostos regularmente, segundo sistemas fixos e constantes, ou seja, conservando-se invariáveis as distâncias entre os átomos que se repetem, numa linha, assim como as distâncias entre as fileiras de átomos ou entre os planos formados pelas fileiras paralelas e coplanares. Assim, os átomos no cristal de halita (sal de cozinha) são organizados de modo tal, que os íons positivos de *Na* e os negativos de *Cl* se acham dispostos em uma rede cúbica (fig. 2-1).

Também, para quase todos os outros minerais, se conseguiu determinar sua rede cristalina própria.

Outra propriedade física que é função da estrutura cristalina é a forma do cristal. Dependendo das distâncias entre os átomos ou grupos de átomos nas três direções do espaço, e dos ângulos que estas direções fazem entre si, os cristais são subdivididos em sete sistemas cristalinos: cúbico, tetragonal, tri-

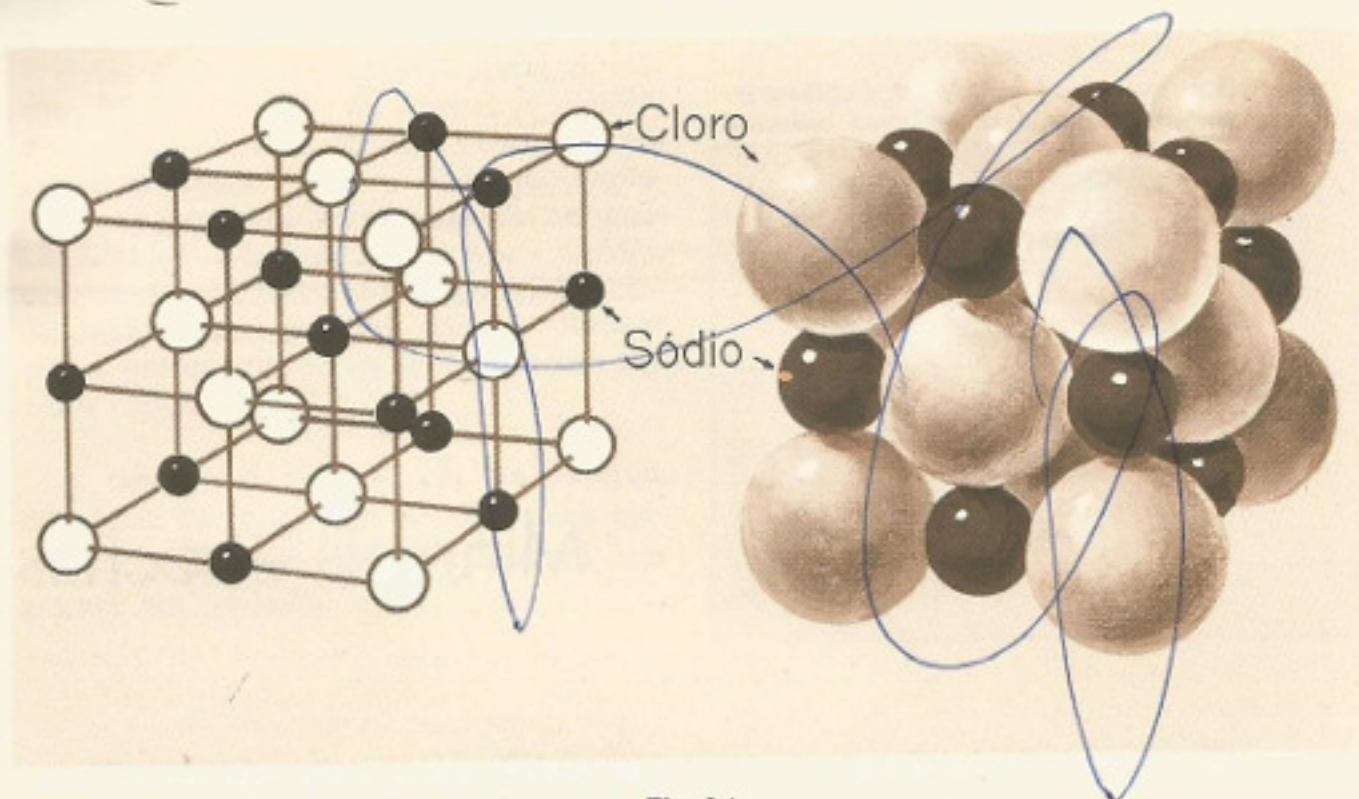


Fig. 2-1

Estrutura do cloreto de sódio. À esquerda observa-se a disposição cúbica alternada dos íons de cloro e sódio, e à direita a mesma configuração, estando representados os diâmetros atômicos relativos dos dois íons (seg. Gilluly *et al.*).

gonal, hexagonal, rômbo, monoclinico e triclinico.

**CLIVAGEM** — É a propriedade que tem uma substância cristalina em dividir-se em planos paralelos. Ela se dá graças à estrutura íntima do respectivo mineral. Os planos de clivagem são sempre paralelos a uma face possível do cristal. Pode ocorrer uma clivagem segundo uma ou mais direções. Assim, a mica possui apenas uma direção, enquanto que a galena se cliva segundo três planos perpendiculares entre si, formando um sólido de clivagem de forma cúbica.

Fala-se em clivagem *excelente* ou *preeminente* no caso da mica, gipsita, etc. Neste caso, a clivagem realiza-se com tal facilidade, que as lâminas paralelas do mineral se destacam sob a pressão da unha ou da lâmina de um canivete. A clivagem é perfeita quando realizada sob uma ligeira percussão de um pequeno martelo, como no caso da galena, calcita ou feldspato. É indistinta no caso da apatita, onde é difícil distinguir-se a face onde se deu a clivagem das regiões simplesmente fraturadas.

Um mineral sem clivagem apresenta *fratura*, que pode ser concoidal (quartzo, vidro), terrosa (ocre), granular (magnetita) ou fibrosa (limonita).

**DUREZA**. — Significa a resistência que um mineral oferece à penetração de uma ponta aguda que tentará riscar o mineral. Esta ponta aguda poderá ou não riscar o mineral. Riscando, o sulco produzido poderá ser profundo e bem nítido se o mineral tiver baixa dureza. Se a dureza for pouco inferior à da ponta aguda, o sulco será fino e pouco profundo. Esta ponta tanto pode ser de aço ou vidro, como pode ser de um outro mineral qualquer. Frequentemente se forma um traço produzido pelo pó do próprio mineral, que funciona como ponta aguda, podendo enganar-se o observador.

Para a comparação da dureza dos diferentes minerais usa-se uma escala relativa, segundo MOHS, na qual os intervalos não obedecem à proporcionalidade dos números, que simplesmente ordenam os minerais. Assim, o mineral mais duro, o diamante (dureza 10), é de fato 140 vezes mais duro

que o coríndon (dureza 9). A escala de MOHS, muito usual na prática, é a seguinte:

1 — Talco	6 — Ortoclásio
2 — Gipsita	7 — Quartzo
3 — Calcita	8 — Topázio
4 — Fluorita	9 — Coríndon
5 — Apatita	10 — Diamante

A unha humana consegue riscar minerais de dureza 1 e 2; o aço comum e o vidro riscam até 5, inclusive. Minerais de 6 e 7 riscam e os de 8 a 10 cortam o vidro.

Diz-se que um mineral possui dureza 5 quando este risca um de dureza 4, mas deixa-se riscar por um de dureza 6.

Minerais da mesma dureza riscam-se mutuamente, mas de forma fraca.

**PESO ESPECÍFICO.** — É o número que indica quantas vezes um certo volume de mineral é mais pesado do que um mesmo volume de água destilada à temperatura de 4°C. Densidade é assim o peso expresso em gramas de 1cm<sup>3</sup> de mineral.

*Densidade de alguns minerais:* halita 2,2; quartzo 2,65; calcita 2,75; galena 7,5; ferro 7,3-7,9; mercúrio 13,6; ouro 19,4.

A maioria dos minerais formadores das rochas possui uma densidade de 2,5 a 4,0, e os minerais de minérios de 4 a 7,5.

A fig. 2-2 esclarece a relação existente entre a estrutura cristalina e diversas propriedades físicas dos minerais, inclusive a forma apresentada pelos cristais, que é também governada pela distribuição espacial dos átomos.

**Propriedades ópticas.** — As principais propriedades ópticas são: *brilho e cor*.

**BRILHO.** — É a capacidade de reflexão da luz incidente. Assim no diamante, 17% da luz incidente na perpendicular é refletida e no vidro apenas 1,5 a 4%. O restante penetra pelo vidro adentro, sendo esta a causa do menor brilho existente no vidro e maior no diamante. Distingue-se brilho *metálico*, ocorrendo apenas nos minerais não-transparentes opacos, como, por exemplo, pirita, galena e muitos outros. O brilho *não-metálico* é peculiar aos minerais transparentes e translúcidos, como brilho adamantino, vítreo, sedoso, resinoso, etc.

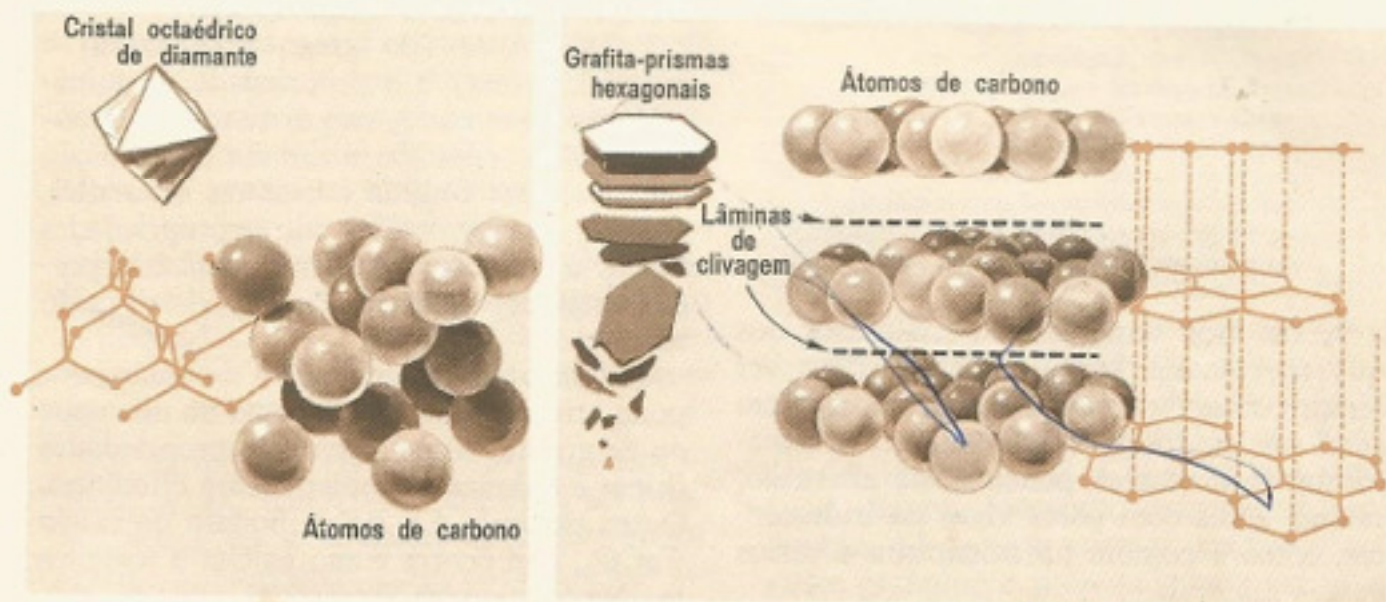


Fig. 2-2

Estrutura cristalina do diamante e da grafita. Embora ambos possuam a mesma composição química, as suas propriedades são completamente diferentes, sendo muitas delas antagônicas. A explicação de muitas delas acha-se patenteada na ilustração, como p. ex.: a forma dos cristais é diferente, como consequência da diferente disposição dos átomos. A densidade do diamante é maior, pelo menor espaçamento entre os átomos de carbônio. Este mesmo espaçamento resulta em maior coesão entre os átomos do diamante, resultando maior dureza do que na grafita. A clivagem basal da grafita resulta do grande espaçamento entre os planos de átomos agrupados paralelamente à face da base do prisma hexagonal (seg. Gilluly *et al.*).

**COR.** — A cor dos minerais é um caráter importante na sua determinação. A cor depende da absorção seletiva da luz, restando uma fração transmitida e outra refletida. Assim, por exemplo, um mineral que apresenta cor verde absorve todos os comprimentos de onda do espectro com exceção daqueles que, associados, dão a sensação de verde. WEGENER considera como fundamentais as seguintes cores dos minerais: branco, cinzento, preto, azul, verde, amarelo, vermelho e castanho.

Deve-se assinalar, entretanto, que ocorrem nos minerais várias tonalidades de cor, das quais são citadas as seguintes:

a) entre as cores dos minerais metálicos citamos:

*vermelho* — ex.: cobre nativo.  
*amarelo* — ex.: pirita, ouro, calcopirita.  
*branco-argênteo* — ex.: prata nativa.  
*branco-acinzentado* — ex.: galena, arsenopirita.  
*preto-acinzentado* — ex.: cassiterita, hematita, esfalerita.

b) entre as cores de minerais não-metálicos:

*preto* — ex.: augita, biotita, anfibólio, piroxênio.  
*azul* — ex.: lazulita.  
*azul-da-prússia* — ex.: cianita.  
*verde-esmeralda* — ex.: esmeralda.  
*amarelo-citrino* — ex.: enxofre.  
*amarelo* — ex.: topázio.  
*vermelho-escarlata* — ex.: cinábrio.  
*vermelho-acastanhado* — ex.: limonita.  
*castanho-avermelhado* — ex.: zircão, etc.

A cor dos minerais, especialmente dos que apresentam brilho metálico, deve ser sempre observada na fratura fresca, pois em geral sua superfície, exposta ao ar, se transforma, formando-se películas de alteração, muitas vezes com cores vivas de iridescência, como é comum na calcopirita e vários outros minerais.

Entre os minerais de brilho não-metálico deve-se distinguir os *idiocromáticos*, isto é, de cor própria, constante, que dependem da composição química, como o enxofre (amarelo), cinábrio (vermelho-escarlata), malaquita (verde), azurita (azul), etc., e os *alocromáticos*, isto é, de cor variável com a composição química ou com a presença de

impurezas. São chamados *acróicos* os minerais incolores quando puros, podendo entretanto apresentar colorações diversas, ou pelas variações de composição química ou pela presença de impurezas diversas. Como exemplos típicos citaremos:

*Fluorita*: incolor, amarela, rósea, verde ou violeta.  
*Turmalina*: incolor (acroíta), rósea (rubelita), verde ("esmeralda do Brasil"), azul e preta.  
*Berilo*: incolor, verde (esmeralda), azul-esverdeado ou azul (água-marinha), amarelo (heliodoro) e róseo (morganita).  
*Quartzo*: incolor (cristal de rocha), amarelo (q. citrino), róseo (q. róseo), verde (q. prase), violeta (q. ametista), etc.

**Propriedades químicas dos minerais.** —

Os minerais podem consistir de apenas um elemento químico, como ouro, diamante, grafita, enxofre, etc., ou de vários, passando a ser compostos químicos, podendo ser expressos na sua fórmula química. Esta representa a relação numérica dos elementos do mineral, como, por exemplo, a pirita,  $FeS_2$ , que significa um átomo de ferro e dois átomos de enxofre, ou o quartzo,  $SiO_2$ , com um de silício e dois de oxigênio.

Existem certas relações entre a forma cristalina e a composição química, chamadas polimorfismo e isomorfismo.

*Polimorfismo* (do grego *poli*, muito e *morphê*, forma) é a propriedade do mineral de ser polimorfo, isto é, quando diferentes minerais possuem a mesma composição química, mas formas cristalinas diferentes, tendo, portanto, muitas outras propriedades físicas e químicas diferentes também, porque estas dependem da forma cristalina do mineral.

O exemplo clássico é o do carbônio, que pode cristalizar-se sob a forma de diamante ou de grafita. Ambos possuem propriedades físicas e químicas completamente diferentes. Outro exemplo é o do carbonato de cálcio  $CaCO_3$ , que ocorre como calcita e aragonita. Neste caso as diferenças não são tão marcantes como no exemplo anterior. De outro lado, fala-se em *isomorfismo* (isos, igual), quando vários minerais possuem uma composição química diferente mas análoga, cristalizando, todavia, na mesma (ou similar) forma. A forma dos cristais apresenta ligeiras diferenças, porém a estrutura cristalina é da mesma natureza. O grupo de

minerais mais comuns no globo terrestre, os feldspatos, apresenta compostos isomorfos, quando se trata dos plagioclásios, minerais do grupo dos feldspatos.

**Os principais minerais.** — Apresentaremos apenas uma pequena coletânea dos principais minerais, dando destaque àqueles que formam as rochas mais comuns da crosta. A seguir descreveremos brevemente alguns minerais de importância econômica mas que não são formadores de rochas, apesar de serem relativamente abundantes na litosfera.

O mais importante dos minerais é o feldspato, que perfaz ao redor de 60% da totalidade dos minerais. A seguir, os anfibólios e piroxênios, que perfazem 17%. O quartzo, 12%, e as micas, 4%. Os demais ocorrem em quantidades subordinadas, na maioria dos casos. Devem ser citados pela sua importância petrográfica e ocasionalmente econômica os seguintes minerais: apatita, olivina, magnetita, granada, turmalina, clorita, ilmenita, nefelina, zirconita, monazita, e muitos outros, quase sempre em quantidades subordinadas nas rochas ígneas formadoras da litosfera.

**FELDSPATOS.** — Formam o grupo mais importante como constituintes das rochas. São translúcidos ou opacos e podem apresentar cristais mistos de três componentes: feldspato potássico, sódico e cálcico. Quanto ao sistema de cristalização e quanto à sua clivagem, distinguem-se: ortoclásio (sistema monoclinico, clivando em ângulo reto) e plagioclásio (sistema triclinico, clivando em ângulo oblíquo). Macroscopicamente são de difícil distinção.

a) *Ortoclásio* (do grego *orthós*, reto) —  $K_2O. Al_2O_3. 6SiO_2$  — A cor pode ser branca, rósea ou amarelada, de brilho vítreo, dureza 6, densidade 2,56, clivagem boa segundo 2 planos ortogonais. O microclínio é um feldspato potássico triclinico. Ocorre em rochas cristalinas, principalmente nas magmáticas de coloração clara, e também em pegmatitos.

b) *Plagioclásio* (do grego *plagios*, oblíquo) — Trata-se de um mineral de composição química variável pelo fato de for-

mar cristais mistos de albita ( $Na_2O. Al_2O_3. 6SiO_2$ ) e anortita ( $CaO. Al_2O_3. 2SiO_2$ ), que podem misturar-se em proporções variáveis. Trata-se de um dos exemplos mais patentes de minerais isomorfos. Sua cor é branca, amarela, cinza, até rósea. Translúcido a opaco, dureza 6, densidade 2,6 a 2,75. Cliva-se segundo 2 planos oblíquos, mas quase perpendiculares.

Ocorre como componente principal nas rochas cristalinas, tanto em rochas claras como escuras. Graças às suas direções de clivagem os feldspatos se apresentam nas rochas ígneas com as superfícies brilhantes e planas, ao contrário do quartzo, que não possui clivagem. É também um mineral duro, que se deixa riscar pelo quartzo, mas que risca o vidro.

**PIROXÊNIOS E ANFIBÓLIOS.** — São minerais de aparência muito similar. São prismáticos ou granulares, de cor quase preta, com clivagem segundo 2 planos, que são entre si quase perpendiculares nos piroxênios e oblíquos nos anfibólios.

a) *Piroxênios* — Possuem uma composição variável. São silicatos de *Mg*, *Ca* e *Fe*, com ou sem  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$ . Conforme sua composição designam-se as diversas variedades. A cor é de preta a verde-escura, e o brilho, vítreo. Dureza 5 a 6, densidade 3,0 a 3,6. Clivagem boa, formando prismas quase retangulares. Forma prisma de seção ortogonal e agregados granulares nas rochas magmáticas, principalmente nas escuras. Um dos piroxênios comuns é designado augita.

b) *Anfibólios* — São quimicamente muito parecidos aos piroxênios, mas possuem (*OH*) na sua constituição. Sua cor é de verde-escura a preta e opaca. Dureza 5 a 6, densidade 2,95 a 3,8. Clivagem boa segundo 2 planos, formando prismas de seção rômica. Ocorre em prismas, agulhas e agregados granulares, principalmente em rochas metamórficas e magmáticas. O anfibólio mais comum é designado hornblenda.

**QUARTZO.** —  $SiO_2$  — Cor branca ou incolor, mas também em inúmeras outras variedades, como roxo, amarelo, vermelho, preto, etc. Brilho vítreo, transparente ou opaco. Dureza 7. Densidade 2,65, fratura

concóide. Ocorre como diversas variedades, sob diferentes nomes. Trata-se de um mineral bastante comum no Brasil. *Cristal de rocha*: incolor, transparente e bem cristalizado, usado na telecomunicação; *ametista*: transparente, roxo; *citrino*: transparente, amarelo; *quartzo róseo*: translúcido, róseo; *quartzo enfumaçado*: transparente, cinza ou castanho; *calcedônia*: translúcida e fibrosa; *ágata*: é uma variedade de calcedônia bandada. Ocorre como mineral mais comum na superfície do globo terrestre, entre as rochas sedimentares, graças à sua alta resistência química e física. Nas rochas graníticas o quartzo é um mineral de fácil reconhecimento, pois assemelha-se ao vidro quebrado. Como não tem clivagem, quebra-se com uma superfície irregular, abaulada. Caracteriza-se também pela sua dureza elevada (ver escala de MOHS). Ocorre também em rochas metamórficas, magmáticas e em veios. É usado como matéria-prima no fabrico do vidro, abrasivos, refratários, etc.

**MICAS.** — Trata-se de um grupo de minerais caracterizados por uma ótima clivagem laminar e boa elasticidade. Distinguem-se 2 variedades principais:

a) *Muscovita* —  $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$  (mica branca) — Incolor, transparente, também esverdeada ou amarelada, brilho vítreo, densidade 2,76 a 2,9. Clivagem excelente segundo um plano, podendo apresentar-se sob a forma de pacotinhos hexagonais, que facilmente se desfolham com a ponta de uma agulha. Mineral comum em rochas graníticas, pegmatitos, micaxistos, gnaisses e muitas vezes em sedimentos, pelo fato de ser um mineral quimicamente estável. Placas maiores e límpidas são usadas na indústria elétrica, como isolante.

b) *Biotita* — Mica preta — Silicato complexo, contendo *K*, *Mg*, *Fe* e *Al*. Cor preta, ou preto-acastanhada, às vezes dourada quando decomposta. Dureza 2,5 a 3, densidade 2,9 a 3,1. Clivagem excelente e formas similares à da muscovita. Constituinte comum em granitos, micaxistos e gnaisses. Além da clivagem perfeita as micas se caracterizam pela dureza baixa, ao redor de 2,5. Riscam-se com muita facilidade com uma ponta de agulha de aço ou com o vidro.

**CLORITA.** — Silicato de *Fe*, *Mg* e *Al*, de cor esverdeada, verde-escura ou amarelada. Dureza 2 a 2,5, densidade 2,6 a 2,8. Clivagem lamelar boa. Similar às micas, mas não elástica. Ocorre principalmente em rochas metamórficas, como cloritaxistos e micaxistos.

**OLIVINA.** —  $(Mg, Fe)_2 SiO_4$ . Chamado também peridoto. De cor verde até verde-escura, castanha ou opaca e de brilho vítreo. Dureza 6 a 7, densidade 3,27 a 3,37, prismática ou granular. Clivagem imperfeita, sendo mais comuns as superfícies irregulares quando fraturada. Comum em rochas magmáticas escuras e às vezes nas metamórficas.

**GRANADA.** — É um grupo de minerais de composição variada, como por exemplo a variedade almandina,  $Fe_3Al_2 (SiO_4)_3$ . Outros tipos de granada podem também conter *Mg*, *Ca* e *Mn*. A cor depende da composição: a almandina é vermelho-castanha, a grossulária é branco-esverdeada, e a espessartita, vermelha a jacinto. Podem ser translúcidas, opacas, de brilho vítreo e dureza 6,5 a 7,5. Densidade 3,15 a 4,3. Forma cristais bem perfeitos, com tendência a superfícies arredondadas e massas granulares. Ocorrem principalmente em rochas metamórficas, sendo também comuns nas rochas magmáticas claras.

**NEFELINA.** —  $NaAlSi_3O_8$ , contendo também sempre potássio na sua composição. Mineral incolor ou leitoso, brilho vítreo muitas vezes graxo, dureza 5,5 a 6, fratura conoidal, densidade 2,55 a 2,65 e de aspecto muito semelhante ao do quartzo. Distingue-se pela sua dureza inferior à do quartzo e produz uma geléia de sílica gelatinosa em contato com *HCl* concentrado. A reação, num pequeno tubo de vidro, a reação é mais evidente. Ocorre em sienitos e em rochas ricas em sódio, porém pobres em  $SiO_2$ . Nunca existe junto ao quartzo, pelo fato de reagir quimicamente com este, formando a albita.

**TURMALINA.** — É um mineral comum nas rochas ígneas quartzosas (granitos e pegmatitos), bem como em muitas rochas metamórficas. É um silicato de boro e alu-

mínio, podendo conter *Mg*, *Fe*, *Ca* e *F*. Caracteriza-se pela sua dureza elevada (risca o vidro), fratura concooidal e forma prismática alongada. Sua seção transversal muitas vezes é triangular. A coloração é variável, podendo ser preta, verde, vermelha ou azul. Distingue-se dos anfibólios ou piroxênios pela ausência de clivagem e pela seção triangular ou hexagonal.

**CALCITA.** —  $CaCO_3$  — Cor branca, rósea, cinza, amarela, opaca, raramente incolor (espato-de-islândia). Brilho vítreo, dureza 3, densidade 2,7. Ótima clivagem segundo 3 planos, dando romboedros. Pode possuir aspecto terroso ou apresenta-se como agregados cristalizados, ou ainda como cristais isolados. Efervesce com *HCl*. Ocorre como um dos minerais mais comuns em numerosos sedimentos, assim como em rochas metamórficas (trata-se do mineral que forma os mármore), veios e como produto de alteração de diversos minerais. Importante matéria-prima para cimento, cal, fundente, corretivo para a acidez do solo, etc.

**DOLOMITA.** —  $CaMg(CO_3)_2$  — Cor branca, cinza-amarelada, brilho vítreo, dureza 3,5, densidade 2,85. Ótima clivagem segundo 3 planos formando romboedros. Distinguível da calcita pela pequena ou nenhuma efervescência com *HCl* a frio. Ferve com *HCl* quente. Apresenta-se como agregados terrosos e cristalinos. Ocorre em sedimentos, rochas metamórficas e veios. Usada para fabricação de cal, ou como corretivo da acidez do solo.

**GIPSITA.** —  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  — Cor branca, brilho vítreo ou sedoso, dureza 2, densidade 2,3. Clivagem perfeita segundo 1 plano. Forma agregados fibrosos, laminares. Ocorre em sedimentos. É usada na fabricação do gesso e incorporada ao cimento na proporção de 2%.

**CAULIM.** —  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  — Cor branca ou ligeiramente amarelada, dureza 2, densidade 2,6. Clivagem boa, escamoso, lamelar ou terroso. Ocorre como produto mais comum da decomposição dos feldspatos, em veios ou em sedimentos. Usado como matéria-prima da porcelana.

**MAGNETITA.** —  $Fe_3O_4$  (72% *Fe*) — Cor preta, brilho metálico, traço preto, dureza 6, densidade 5,1, fortemente magnética, granular ou octaédrica. Frequentemente alterada em hematita (martita). Ocorrência: acessório comum em rochas magmáticas básicas, podendo formar corpos volumosos, jazidas, graças à concentração gravitativa após a segregação magmática. Pode ocorrer também nos itabiritos.

**HEMATITA.** — (do grego *haima*, sangue)  $Fe_2O_3$  (70% *Fe*) — Cor preta e cinza-escura, brilho metálico, às vezes brilhante (variedade especularita), traço vermelho sanguíneo. Dureza 5,5 a 6,5. Densidade mais ou menos 5. Granular, compacta ou micácea. Ocorrência: forma os principais depósitos ferríferos brasileiros (itabirito), contendo até quase 70% *Fe* metálico. Ocorre também como pigmento vermelho comum nos sedimentos, solos, etc. Altera-se facilmente para limonita. Trata-se do minério mais importante para a economia do Brasil.

**LIMONITA.** — (do grego *leimon*, prado)  $Fe_2O_3 + nH_2O$  (cerca de 60% *Fe*) — Cor castanha a preta, brilho metálico ou sub-metálico, traço amarelo-castanho. Dureza entre 5 e 5,5, densidade 4. Formas botrioidais, oolíticos terrosos ou de aspecto esponjoso. Ocorrência: proveniente da decomposição de hematita, magnetita e outros minerais ferríferos. Forma frequentemente pigmentos amarelos ou castanhos nos sedimentos e rochas em decomposição.

**PIRITA.** — (do grego *pyr*, fogo)  $FeS_2$  (46,6% *Fe* e 53,4% *S*) — Cor amarelo-dourada, traço preto, dureza 6 a 6,5, densidade 4,9 a 5,1. Cristaliza-se em cubos ou forma massas granulares. Transforma-se facilmente em limonita. É um dos minerais mais disseminados. Ocorre em diversas jazidas de minerais metálicos, em rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares. Importante matéria-prima para a fabricação de ácido sulfúrico.

**CALCOPIRITA.** — (do grego *chalcós*, cobre)  $CuFeS_2$  (35% *Cu*, 30% *Fe* e 35% *S*) — Cor amarelo-dourada, brilho metálico, traço preto-esverdeado, dureza 3,5 a 4, densidade 4,2. Ocorre em massas compac-

tas, muitas vezes em filões, sendo o principal minério o de cobre. Transforma-se facilmente em calcosina e malaquita.

**GALENA.** —  $PbS$  (86,5 %  $Pb$ , 13,5 %  $S$ ) — Cor branco-chumbo, brilho metálico, traço cinza-preto, dureza 2,5, densidade 7,5. Ótima clivagem cúbica. Ocorre sob a forma de massas granulares de cristais cúbicos agregados. Associa-se comumente à blenda. Trata-se do mais importante minério de chumbo.

**BLENDA OU ESFALERITA.** —  $ZnS$  (67 %  $Zn$  e 33 %  $S$ ) — Contém freqüentemente ferro. Cor castanha, amarela ou preto-avelludada. Brilho adamantino resinoso, traço amarelo-castanho, dureza 3,5 a 4, densidade 3,9 e 4,2, clivagem boa segundo 3 planos. Ocorre em filões com galena e piritita. É o mais importante minério de zinco.

## Rochas

A crosta terrestre é constituída essencialmente de rochas. São elas, juntamente com os fósseis, os elementos que o geólogo usa para decifrar os fenômenos geológicos atuais e do passado. A Petrografia ou Petrologia, ramo de ciência geológica, dedica-se ao estudo das rochas, da sua constituição, origem e classificação. Repetiremos, aqui, que a *rocha* é por definição um agregado natural formado por um ou mais minerais (inclusive vidro vulcânico e matéria orgânica) que constitui uma parte essencial da crosta terrestre. De acordo com a sua origem, distinguem-se 3 grandes grupos, tais como: rochas *magmáticas* ou *ígneas*, rochas *sedimentares* e rochas *metamórficas*.

**Rochas magmáticas**, ou ígneas, provêm da consolidação do magma e são por isto de origem primária. Delas se derivam por processos vários as rochas sedimentares e metamórficas. Sobre o magma e sua consolidação vide o cap. X.

Uma rocha magmática expressa as condições geológicas em que se formou, graças à sua textura. A textura diz principalmente do tamanho e da disposição dos minerais que constituem a rocha, enquanto que a natureza mineralógica dos cristais ou mesmo vidro, se for o caso, diz da composição

química aproximada do magma. Dizemos aqui aproximada por que os magmas geralmente possuem elementos voláteis que escapam durante o processo da consolidação, sem formar minerais no mesmo local, e, sim, em zonas mais afastadas da rocha que se consolidou.

**Condições geológicas.** A condição geológica que interfere na textura das rochas ígneas obedece ao seguinte: o magma pode consolidar-se dentro da crosta terrestre, a vários quilômetros de profundidade, formando as chamadas rochas *intrusivas*, ou *plutônicas*, ou *abissais*. O resfriamento ocorre de forma lenta, dando a possibilidade de os cristais desenvolverem-se sucessivamente e formando uma *textura equigranular*. (Fig. 2-3A.)

A rocha intrusiva é constituída de minerais cristalizados, como, por exemplo, as rochas graníticas. Por outro lado, em outras condições geológicas, o magma pode extravasar na superfície formando rochas *extrusivas* ou *vulcânicas* ou *efusivas*, das quais várias modalidades podem ocorrer. Assim, se o magma passa bruscamente do estado líquido para o estado sólido, forma-se a *textura vítrea*, pelo fato de não haver tempo suficiente para dar-se a cristalização dos minerais. Comumente ocorrem pequeníssimos cristais esparsos pela massa vítrea, que representam o início da cristalização de alguns minerais que não tiveram o devido tempo para se desenvolverem pela consolidação rápida da lava.

Se já houver um início de cristalização no interior das câmaras onde se acha o magma, estes cristais em vias de formação serão arrastados para a superfície pelo magma ainda no estado de fusão. Quando atinge a superfície, a lava consolida-se rapidamente, graças à queda brusca da temperatura, e, como resultado, teremos uma *textura porfirítica*. Esta caracteriza-se pelos cristais bem formados, chamados fenocristais, que são os cristais intratratelúricos, nadando numa massa vítrea ou de granulação fina, denominada massa fundamental, que foi consolidada rapidamente, nas condições de superfície. Esta massa fundamental pode ser de caráter *afanítico*, não se podendo distin-



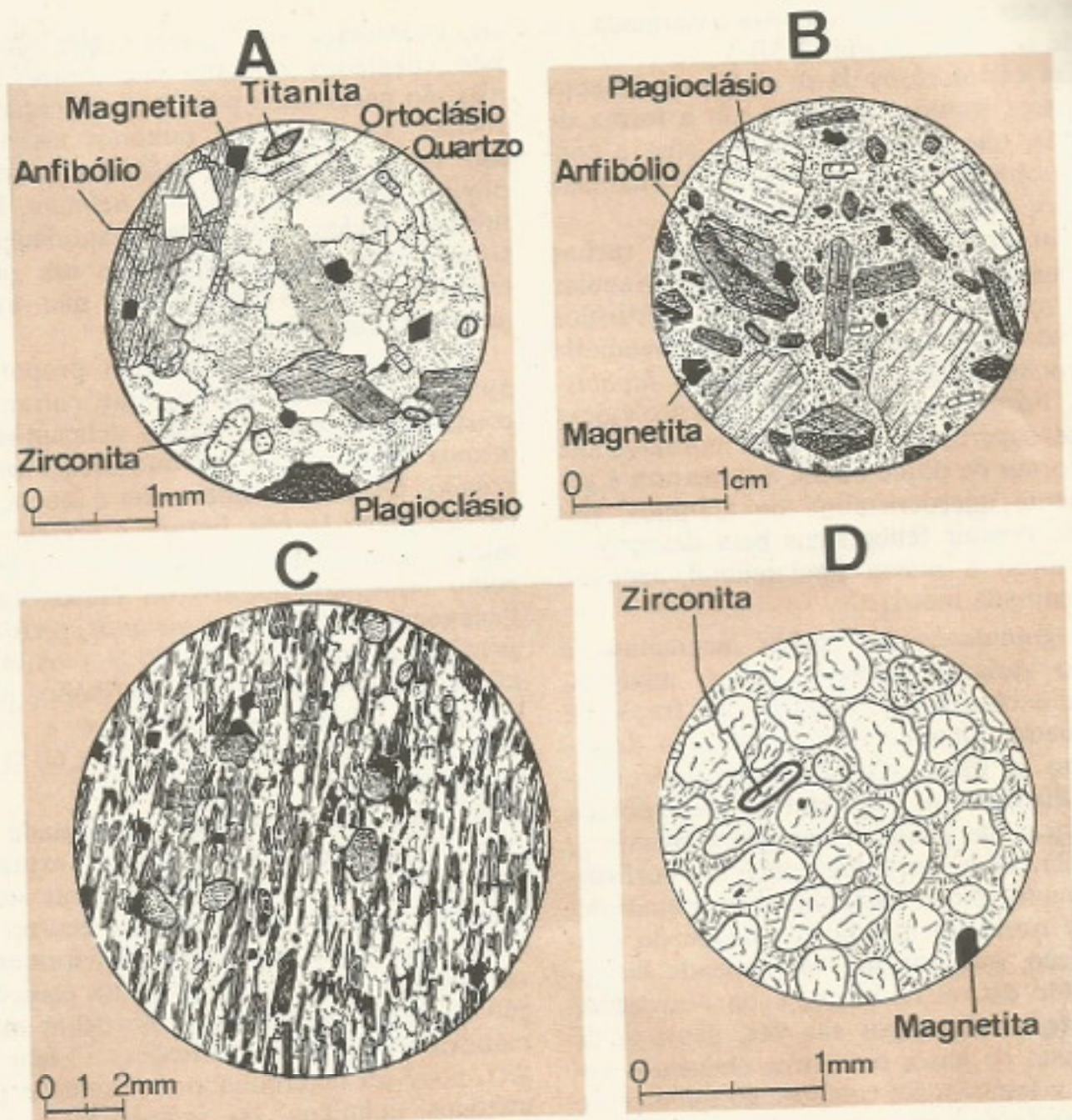


Fig. 2-3

Alguns tipos mais comuns de textura. A — *textura equigranular* (hipautomórfica granular), característica das rochas graníticas ou qualquer outra formada em profundidade. Todos os minerais acham-se bem desenvolvidos, alguns bem cristalizados (os primeiros a serem formados), como apatita, zirconita e titanita, e outros ocupando os interstícios, por serem os últimos a serem cristalizados.

B — *textura porfírica*, peculiar às rochas ígneas hipabissais e algumas efusivas, textura esta caracterizada pela existência de cristais bem formados intratelúricos, denominados fenocristais, esparsos na matriz ou massa fundamental, que se solidifica rapidamente, formando cristais macroscópicos ou vidro vulcânico (se for uma lava) ou ambos misturados.

C — *textura orientada*, peculiar à maioria das rochas metamórficas. A muscovite acha-se orientada com o maior comprimento perpendicular à direção dos esforços. Entre a muscovite ocorre o quartzo com contornos suturados. Os cristais maiores de granada são denominados *porfiroblastos*, que crescem em meio sólido, sem ter havido uma fusão prévia.

D — *textura clástica*, na qual as partículas são desagregadas, transportadas e depositadas. Posteriormente podem ser cimentadas, endurecendo a rocha. No presente caso acha-se representado o arenito Boracatu, de caráter eólico, caracterizado pela boa seleção dos tamanhos e bom arredondamento dos grãos de quartzo. Estes são cimentados por calcodemia fibrosa, originada do magma basáltico que se derramou sobre os antigos desertos miocenos do Brasil Meridional.

guir seus constituintes à vista desarmada, ou pode ser vítrea. (Fig. 2-3B.)

Em certos casos dá-se o desprendimento de gases contidos na lava, sob a forma de bolhas, que podem ser retidas com a consolidação da lava, resultando a chamada *textura vesicular* ou *esponjosa*.

Entre os dois tipos citados, de rochas magmáticas abissais com textura granular e de rochas efusivas com textura porfirítica ou vítrea, ocorre um grupo intermediário de rochas magmáticas, chamadas *hipabisais*. Formam-se em condições geológicas quase superficiais e ocorrem normalmente em forma de dique ou sil. Sua textura é geralmente microcristalina ou afanítica, podendo possuir fenocristais bem desenvolvidos junto à massa fundamental, também denominada matriz.

A *granulação* das rochas magmáticas é muito variável, podendo ter os minerais, desde decímetros de tamanho até fração de milímetro. Quando os minerais são de tamanho tal que a vista desarmada não consiga distingui-los, a textura é denominada afanítica (do grego *a*, negação e *phaneros*, visível). Pode ser equigranular ou porfirítica, sendo que o tamanho dos cristais depende normalmente da velocidade da cristalização, que por sua vez depende da velocidade do resfriamento, e da *viscosidade* do magma. Esta, por sua vez, depende do conteúdo de gases ou outros elementos voláteis e também da composição química do magma (*vide* Vulcanismo). Se o magma for de tal forma rico em gases e elementos voláteis, tornando-se por isso muito fluido, possuirá uma grande mobilidade, o que permitirá o desenvolvimento de cristais de grande porte, às vezes de vários metros de tamanho. Estas rochas recebem o nome de pegmatito.

A *composição mineralógica* das rochas é outra característica altamente conspícua. São relativamente poucos os minerais que tomam parte na constituição essencial de uma rocha. Dá-se a estes o nome de minerais essenciais, pois servem para definir, caracterizar uma determinada rocha magmática. Na maioria das vezes são apenas 2 ou 3 os minerais essenciais. Os demais, porventura existentes, podem ainda ocorrer, mas

em quantidade tão pequena que são por isso chamados minerais acessórios. Estes não são necessários para a classificação das rochas. Os principais minerais essenciais são: feldspato, quartzo, anfibólio-piroxênio, olivina, muscovita, biotita e nefelina. Estes minerais podem ocorrer em quantidades variáveis, ora predominando um ora outro, como podem, eventualmente, não existir numa determinada rocha.

A fim de se designarem as proporções aproximadas dos minerais que entram na constituição de uma rocha, aplicam-se os termos *leucocrático*, *melanocrático* e *mesocrático*. Diz-se que uma rocha é leucocrática (do grego *leukos*, branco e *kratein*, dominar) quando é rica em minerais claros, como feldspato, quartzo ou muscovita. É melanocrática (do grego *melanos*, preto) se predominarem (mais que 60 %) os minerais escuros, como biotita, anfibólio, piroxênio ou olivina. Mesocrática é a rocha intermediária, possuindo entre 30 a 60 % de minerais escuros.

A *composição química* aproximada de uma rocha magmática pode ser expressa pelo seu teor em  $SiO_2$ , não somente sob a forma de quartzo (que pode não ocorrer na rocha), mas também combinado, formando os silicatos, que tomam parte na composição de praticamente todas as rochas magmáticas, com raríssimas exceções. O teor em  $SiO_2$  pode ser determinado diretamente, por métodos químicos, ou indiretamente, em função da presença ou ausência de minerais contendo  $SiO_2$  como, por exemplo, o quartzo. Assim, fala-se em rochas ácidas quando os teores em  $SiO_2$  forem superiores a 65 %. Neste caso a quantidade de  $SiO_2$  é tal, que forma os silicatos e ainda sobra, sendo esta sobra cristalizada sob a forma de quartzo. Fala-se em rochas *neutras* quando o teor em  $SiO_2$  é de 65 a 52 % (pouco ou nenhum quartzo) e *básicas* quando o  $SiO_2$  ocorre na proporção de 52 a 45 %. Neste caso, há ausência de quartzo. Deve ser frisado que os termos ácido, básico ou neutro, absolutamente nada têm a ver com os respectivos caracteres químicos, ou seja, com a concentração hidrogeniônica. São termos quimicamente incorretos, mas de uso clássico na Petrologia.

PRINCIPAIS ROCHAS MAGMÁTICAS SEGUNDO A COMPOSIÇÃO  
MINERALÓGICA, TEXTURA E TEOR EM SiO<sub>2</sub>.

	Ácidas (com quartzo) SiO <sub>2</sub> > 65 %	Subácidas a neutras (sem quartzo) SiO <sub>2</sub> entre 65 % e 52 %	Básicas SiO <sub>2</sub> entre 52 % e 45 %	Ultrabásicas SiO <sub>2</sub> < 45 %
Mineral essencial	Ortoclásio, quartzo, plagioclásio sódico, biotita (anfíbólio); Leucocráticas	Ortoclásio, plagioclásio sódico, biotita (anfíbólio ou piroxênio), Leucocráticas a mesocráticas	Plagioclásio cálcico, piroxênio; (magnetita, ilmenita); Melanocráticas	Olivina, piroxênio Melanocráticas
Plutônica (textura equigranular)	GRANITO PEGMATITO	SIENITO (leucocrático) DIORITO (mesocrático)	GABRO	PERIDOTITO JACUPIRANGUITO (rico em piroxênio e magnetita)
Hipabissal (textura porfiróide)	GRANITO-PÓRFIRO	SIENITO-PÓRFIRO (leucocrático) DIORITO-PÓRFIRO (mesocrático)	DIABÁSIO (textura granular) TINGUAÍTO	—
Vulcânica (textura porfirítica ou vítrea)	RIÓLITO QUARTZO-PÓRFIRO OBSIDIANA	TRAQUITO (leucocrático) FONÓLITO (mesocrático) ANDESITO (mesocrático)	BASALTO VIDRO BASÁLTICO	—

Lançando mão de todos estes critérios podemos usar o quadro acima para as principais rochas magmáticas.

A fim de dar uma idéia aproximada do aspecto macroscópico das principais rochas, passaremos a descrever os tipos mais comuns de rochas plutônicas, começando com as de textura equigranular.

**GRANITO.** — É a rocha magmática mais comum de todas, ocorrendo juntamente com os gnaisses no embasamento cristalino, que constitui o substrato da crosta sílica que forma os blocos continentais. No Brasil, a Serra da Mantiqueira, a Serra do Mar as serras que nos separam das Guianas são formadas por estas rochas, só para citar alguns exemplos.

Ocorre com diversas cores: cinza-clara a e cinza bem escura, amarelada, rósea ou vermelha.

A variação da cor provém, normalmente, da cor do feldspato, que é o mineral mais freqüente nos granitos. Compõe-se de ortoclásio, em predominância, quartzo freqüente e plagioclásio sódico comum. Contém ainda biotita ou muscovita e anfíbólio, mais comumente a hornblenda. Trata-se de rochas leucocráticas.

A granulação pode variar de milimétrica a centimétrica. Como minerais acessórios podem ocorrer ainda a zirconita, turmalina, fluorita, apatita, rutilo ou hematita.

**SIENITO.** — Cor de cinza até branco, podendo mostrar tons azulados. Predomina o feldspato alcalino, contendo ainda biotita, anfíbólio ou piroxênio. É leucocrática e equigranular, sendo a granulação entre milimétrica e centimétrica. Pode conter nefelina.

No Brasil conhecem-se diversas ocorrências de grande importância onde produzem

nam sienitos e rochas correlatas, que, por serem ricas em  $Na_2O$  e  $K_2O$ , são chamadas *rochas alcalinas* (também, como as ácidas, básicas, este termo nada diz desta propriedade química). As principais ocorrências situam-se em Poços de Caldas (Minas Gerais), Ilha de São Sebastião (São Paulo) e na região da Serra do Itatiaia.

**DIORITO.** — Cinza-escuro, muitas vezes de aparência mosqueada. Contém plagioclásios sódico-cálcicos e minerais escuros (anfíbólio, piroxênio ou biotita) em proporções similares. Textura equigranular e mesocrática.

**GABRO.** — Cor preta ou verde-escura, melanocrática, textura equigranular. Compõe-se essencialmente de piroxênio em predominância e de plagioclásio cálcico. Pode ocorrer às vezes a olivina ou anfíbólio. Fácil de confundir-se com diabásio, que geralmente possui granulação milimétrica e o gabro maior que milimétrica.

**PERIDOTITO.** — É uma rocha melanocrática, constituída essencialmente de olivina, contendo freqüentemente magnetita. Textura granular, cor preta, às vezes esverdeada.

**JACUPIRANGUITO.** — Rocha melanocrática, constituída de piroxênio predominante e magnetita (titanífera). Granular, de cor preta. Decompõe-se com facilidade. Nome introduzido por DERBY em 1891, de Jacupiranga, Estado de São Paulo, onde ocorre esta rocha.

\* \* \*

Passaremos agora à descrição das principais rochas *hipabissais*:

**GRANITO-PÓRFIRO, SIENITO-PÓRFIRO e DIORITO-PÓRFIRO.** — Estas rochas possuem a composição mineralógica da sua respectiva rocha plutônica, porém sua textura é porfirítica, possuindo uma massa fundamental granular fina com fenocristais. Sua cor é cinza-rósea ou avermelhada (granito-pórfiro e sienito-pórfiro) e cinza-escura, às vezes esverdeada (diorito-pórfiro).

**DIABÁSIO.** — Constitui-se essencialmente de piroxênio e plagioclásio cálcico. De cor preta, melanocrática, textura granular fina, raras vezes porfirítica. Apesar da origem hipabissal, possui muitas vezes textura granular mais grosseira, sendo por isso fácil de confundir-se com o gabro. A distinção às vezes só é possível por meio do microscópio ou no campo, pela sua ocorrência como dique ou sil. É uma das rochas melanocráticas mais comuns do Brasil.

**TINGUAÍTO.** — Cor verde-escura, quase preta. Textura porfirítica. Numa massa escura e esverdeada, microgranular e afanítica, nadam fenocristais de feldspato (alcalino) e, às vezes, também piroxênios. Assemelha-se muito ao fonólito. ROSENBUSCH, em 1887, deu este nome às rochas que ocorrem na Serra de Tinguá (Rio de Janeiro).

As rochas vulcânicas podem possuir textura porfirítica, vítrea, vesicular ou porosa.

**RIÓLITO.** — Chamado também quartzopórfiro. É o equivalente efusivo do granito. Sua cor é de cinza avermelhada, azulada e, às vezes, até quase preta. A textura é porfirítica, possuindo às vezes um certo arranjo orientado como consequência do movimento da lava. Dá-se a este aspecto o nome de estrutura fluidal. A massa fundamental é afanítica, ou vítreo-brilhante. Os fenocristais são de quartzo sob a forma de prismas hexagonais, mostrando-se freqüentemente com os cantos arredondados e feldspato prismático.

**OBSIDIANA.** — Vidro vulcânico acinzentado a preto, de fratura concoidal, brilho vítreo e translúcido nos cantos. Possui composição química similar ao riólito. Às vezes vesicular com bolhas bem individualizadas, passando a um tipo semelhante a uma espuma endurecida, tão grande é a quantidade de poros. Estes, no seu conjunto, dão à rocha uma coloração cinzenta, designando-se *pedra-pome* ou *púmice*. (Ver Vulcanismo.)

**TRAQUITO e FONÓLITO.** — Cor cinza ou esverdeada, leucocrático a mesocrático. Na massa fundamental afanítica cinzento, ou esverdeada, nadam cristais prismáticos de feldspato e às vezes biotita, piroxênio ou anfíbólio.

**ANDESITO.** — Cinza-escuro ou verde-escuro, e mesocrático. Na matriz cinza-escura ou verde-escura ocorrem fenocristais de feldspatos e anfibólio ou piroxênio.

**BASALTO.** — É a rocha efusiva mais comum. A textura é microcristalina, vítrea ou porfirítica. Pode ser às vezes altamente vesicular. Sua cor é geralmente preta, podendo às vezes ser cinza-escura ou castanha, sendo sempre melanocrático. Fenocristais de plagioclásio cálcico e de piroxênio (às vezes olivina) são comuns numa matriz afanítica. Nos basaltos vesiculares dá-se, muito freqüentemente, o preenchimento das vesículas, formando amígdalas, que podem constituir-se de ágata, quartzo, zeólitos, ou diversos outros minerais, que resultam dos últimos fluxos do magma recém-consolidado, que, escapando pela rocha, foram formar-se nos seus espaços vazios. Belos cristais de quartzo-ametista são explorados no Rio Grande do Sul, no interior de grandes amígdalas, ocas por dentro e atapetadas internamente por cristais de quartzo-ametista.

**Rochas sedimentares.** — As rochas sedimentares no senso estrito são aquelas formadas a partir do material originado da destruição erosiva de qualquer tipo de rocha, material este que deverá ser transportado e posteriormente depositado ou precipitado em um dos muitos ambientes de sedimentação da superfície do globo terrestre. No senso lato incluem também qualquer material proveniente das atividades biológicas. Os capítulos referentes à dinâmica externa versam com mais pormenores a respeito destas atividades em conjunto. Encaremos apenas alguns caracteres litológicos das principais rochas sedimentares. O critério da classificação das rochas sedimentares segue vários princípios, normalmente combinados entre si, como o ambiente, o tipo da sedimentação, constituição mineralógica ou tamanho das partículas. Segundo este último, passemos à descrição de algumas das principais rochas sedimentares.

**Sedimentos clásticos ou mecânicos:** são os formados de fragmentos de rochas preexistentes (fig. 2-3D). Distinguem-se: *macroclásticos* (psefitos e psamitos, do grego *psephis*, seixo e *psamos*, areia) e *microclás-*

*ticos* (pelitos, do grego *pelos*, lama). Os psefitos constituem-se de seixos, isto é, grãos maiores que os de areia; os psamitos, de grão do tamanho dos de areia e os pelitos, de grãos do tamanho dos de silte e argila (fig. 2-4).

Os autores distinguem diferentes subdivisões, baseadas nas dimensões que se encontram em predominância nas partículas.

Citamos os dois autores mais seguidos:

	Diâmetro (mm) WENTWORTH	Diâmetro (mm) ATTERBERG
Matacão	> 256	200
Bloco	64 — 256	20 — 200
Seixo	4 — 64	2 — 20
Grânulo	2 — 4	
Areia grossa	1/4 — 2	0,2 — 2
Areia fina	1/16 — 1/4	0,02 — 0,2
Silte	1/256 — 1/16	0,002 — 0,02
Argila	< 1/256	0,002

Os sedimentos clásticos podem ser constituídos de uma só classe granulométrica como, por exemplo, areia fina ou cascalho grosso. Muito comumente um sedimento pode apresentar muitas classes misturadas nas mais variadas proporções. A classificação do sedimento, neste caso, deve basear-se na medida ponderal de cada classe, o que se faz após prévia desagregação e separação dos diferentes tamanhos por peneiras ou por decantação, dependendo do tamanho dos grupos. Se o cômputo das diferentes classes granulométricas fosse feito pela contagem do número dos indivíduos, o resultado seria completamente diferente, pois os grãos de quartzo de 20 a 30 microns de diâmetro têm como peso médio 0,000.026 miligrama, sendo necessários 38 milhões de grãos para perfazer um grama desta fração. Tendo o diâmetro 0,2 a 0,3mm, o peso médio será de 0,026mg, havendo 38 mil grãos por grama. Para os grãos maiores, de 0,63 a 1,12mm de diâmetro, a massa unitária média é de 0,83mg e o número de grãos por grama é de 1.202.



Fig. 2-4

Rochas sedimentares de origem clástica. No centro, arenito (trata-se de uma lente intercalada), que se acha intercalado num conglomerado diamantífero, localmente denominado "tauá". Os seixos são de rochas básicas, rochas metamórficas diversas, de granito, quartzo, sílex, e até mesmo de rochas sedimentares, como de arenito endurecido. Mina de Romaria, próxima a Monte Carmelo, MG (foto de C. A. L. Isotta).

**ARGILITO, ARGILA, FOLHELHO.** — Possuem cor de cinza até preta, amarela, verde ou avermelhada. Granulação finíssima, de poucos microns, por isto untuosa ao tato. A presença da argila, seja como impureza num sedimento qualquer (por exemplo, um arenito ligeiramente argiloso), seja no estado puro, faz com que o sedimento produza o cheiro característico de moringa nova, quando umedecido com um simples bafejar bem próximo à amostra. Quando endurecida, se formar estratos finos e paralelos esfolheáveis, recebe o nome de folhelho. O mineral principal de argila pertence ao grupo do caulim.

**SILTITO OU SILTE.** — São de cor cinza, amarela, vermelha, de granulação de tal forma fina que, às vezes, se podem perce-

ber grãos individualizados com auxílio de uma lupa de forte aumento. É ligeiramente áspero ao tato e bastante áspero entre os dentes. Entre os pequenos grãos costumam predominar os de quartzo.

**ARENITO, AREIA OU ARCÓZIO.** — Podem ter diversas cores: as mais comuns são cinza, amarela ou vermelha. Enquanto que a areia é um sedimento clástico, não-consolidado, formado mais comumente de grãos de tamanho que variam entre 0,2 a 2mm, o arenito é a rocha sedimentar proveniente da consolidação de areia por um cimento qualquer. Os grãos que formam os arenitos e as areias são geralmente de quartzo, podendo, contudo, ser de qualquer mineral, uma vez que tenham as dimensões do grão de areia. Ocorrem comumente junto às areias, às vezes em alta concentração, a monazita, ilmenita, zirconita e muitos outros minerais. Diversos adjetivos, como fluvial, marinho, desértico, e outros, explicam a sua origem.

Nos arenitos observa-se com frequência uma nítida estratificação, cujas causas são várias: mudança na granulação, na cor, etc. O arcózio é um arenito que possui como constituinte uma grande quantidade de feldspato.

**CONGLOMERADO.** — Trata-se de uma rocha clástica formada de fragmentos arredondados (seixos ou cascalhos, quando soltos, não cimentados) e de tamanho superior ao de um grão de areia (acima de 2mm na classificação de WENTWORTH), reunidos por cimento. Há todas as transições entre o conglomerado e a brecha (fig. 2-4).

**BRECHA.** — Composta de fragmentos angulares maiores que 2mm, cimentados por material da mesma natureza ou de natureza diversa. A sua origem é variável: 1) brecha sedimentar originada, por exemplo, de depósitos de tálus; neste caso a matriz geralmente não difere muito dos blocos inclusos; 2) brecha de atrito, originada por esforços mecânicos, por exemplo, nos falhamentos (brecha de falha). Nesta circunstância, a brecha se compõe de material idêntico ao das rochas encaixantes.

**TILITO.** — É uma espécie de conglomerado de alta importância pela sua origem

glacial, ocorrendo com frequência no Sul do Brasil, a partir do Estado de São Paulo. Constitui-se de fragmentos de rochas diversas e de vários tamanhos, arredondados ou angulosos, cimentados por material argiloso e arenoso. Como principal característica, predomina o cimento em relação aos seixos. A cor é cinzenta, até azulada, quando fresco, e amarelada, quando decomposto (fig. 7-14).

**Sedimentos químicos:** são aqueles originados da precipitação de solutos, graças à diminuição da solubilidade ou graças à evaporação da água. Quando se verifica este fenômeno o sedimento recebe o nome genérico de *evaporito*, assunto a ser tratado no Capítulo VIII. Os sedimentos químicos formados graças à diminuição da solubilidade são mais comumente os carbonatos, que se precipitam graças ao aumento de temperatura e conseqüente desprendimento de gás carbônico, responsável pela solubilização dos carbonatos.

**Sedimentos orgânicos:** os sedimentos formados pelo acúmulo de restos de organismos acham-se descritos com pormenores no início do Capítulo IX.

**CALCÁRIO e MARGA (fig. 2-5)** — Estas rochas acham-se descritas à parte pelo fato de serem poligenéticas. Existem calcários clásticos (recebem o nome de *calcarenito*), químicos e orgânicos. Muito comumente os clásticos são bioclásticos, pelo fato de serem originados pelo embate das ondas sobre recifes de corais, algas calcárias e diversos outros organismos de carapaça calcária. Os fragmentos são transportados pelas correntes e depositados como uma areia carbonática. Os calcários são rochas de cor cinza, amarela, até preta, geralmente compactas e de granulação microscópica na maioria dos casos. Podem às vezes mostrar cristais mais desenvolvidos, visíveis a olho nu. Outros apresentam-se sob a forma de pequenas esferas formadas de camadas concêntricas. São os calcários oolíticos (tamanho de ovo de peixe) ou pisolíticos (tamanho de grão de ervilha), formados pela precipitação química em ambiente de águas agitadas. Os calcários são facilmente riscáveis pelo canivete. Muito comumente apresentam impure-

zas de argila e areia. Outros tipos são formados de restos de conchas, ou de carapaças diversas de organismos quase sempre microscópicos. Sendo grande a contribuição de conchas, toma o nome de *lumaquela*. Havendo ao redor de 50% de argila, o sedimento recebe o nome de *marga*. Efervesce com facilidade com *HCl* frio. Trata-se de importante matéria para cimento, cal, etc

**DOLOMITO.** — Muito similar, em todos os sentidos, ao calcário, com a diferença que se constitui essencialmente de *dolomita*. Por isto, efervesce somente com *HCl* quente. Existe perfeita gradação de calcário puro para dolomito.

**SÍLEX.** — Constitui-se de quartzo fibroso ou calcedônia, de cor cinza, amarela, ou preta. Compacto, muito rijo, duro (risca o vidro), de fratura concoidal. Translúcido nos cantos. Muito comum nos sedimentos do Sul do Brasil. Sua origem é complexa, podendo ser química ou bioquímica. Neste

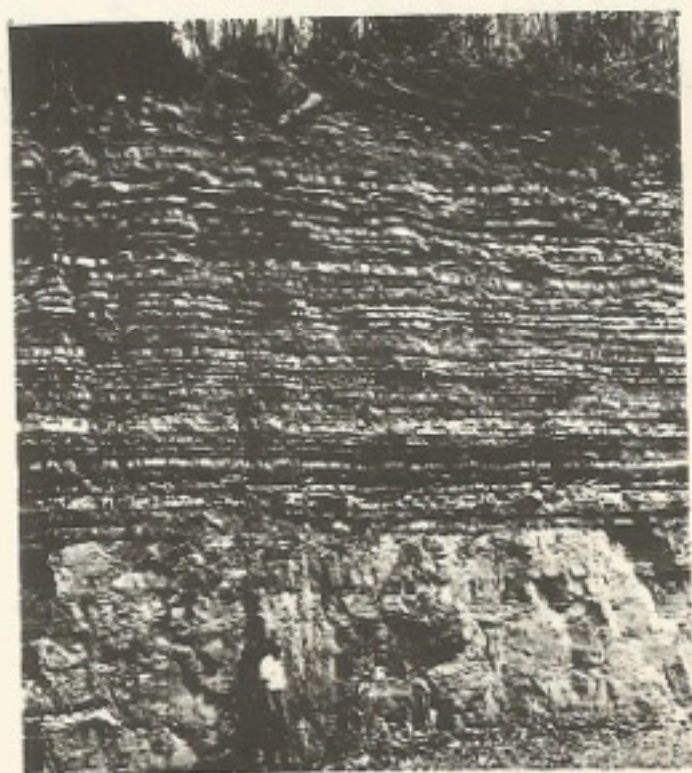


Fig. 2-5

Sedimentos permianos horizontais. Embaixo ocorre um banco de calcário dolomítico, seguido de camadas delgadas rítmicas de folhelho preto (em parte betuminoso) e calcário. A alternância se deve a variações climáticas, sendo o calcário de épocas quentes e o folhelho de épocas frias, que se alternavam. Pedreira do Maluf, estrada Piracicaba—Tietê, SP (foto de J.C. Mendes).

caso resulta da dissolução e posterior precipitação da sílica de restos de espículas de esponja, ou carapaças de diatomáceas ou ainda de radiolários.

**Rochas metamórficas.** — Tanto as rochas magmáticas como as sedimentares podem ser levadas por processos geológicos a condições diferentes daquelas nas quais se formou a rocha. Estas novas condições podem determinar a instabilidade dos minerais preexistentes, estáveis nas antigas condições em que foram formadas. Estas rochas sofrem então transformações sob ação destas novas condições de temperatura, pressão, presença de agentes voláteis ou fortes atritos, adaptando-se, assim, a estas novas condições. Esta adaptação é que dá origem à formação das diferentes rochas denominadas *rochas metamórficas*. Dependendo do caso, poderá ou não mudar a composição mineralógica, mas a textura muda obrigatoriamente.

Normalmente podem ocorrer tanto a recristalização dos minerais preexistentes como também a formação de novos minerais, graças à mudança da estrutura cristalina sob as novas condições de pressão, temperatura ou ainda graças à combinação química entre dois ou mais minerais formando um novo mineral, agora compatível e estável sob as novas condições reinantes. Dependendo da natureza dos esforços sofridos pela rocha, poder-se-ão verificar deformações mecânicas nos minerais. Estas deformações têm importância na reconstituição dos eventos geológicos e tectônicos que intervieram na formação da rocha.

Graças às condições de pressão dirigida num determinado sentido, a textura resultante mais comum é a orientada ou xistosa, caracterizada pelo arranjo de todos ou de alguns dos minerais segundo planos paralelos. As lâminas de mica ou os prismas de anfíbólio seguem a mesma direção. O quartzo e o feldspato crescem de forma lenticular, com orientação direcional dos maiores eixos. Esta estrutura *xistosa* é tão característica das rochas metamórficas, que elas são, às vezes, também, designadas *xistos* ou rochas *xistosas* (fig. 2-3C). Uma divisibilidade preferencial é a consequência da xistosidade.

Na recristalização pode dar-se apenas um crescimento, graças à coalescência dos minerais existentes como, por exemplo, um calcário passando para mármore, ou um arenito para quartzito. Em se tratando de rocha argilosa, que é o caso mais frequente, formam-se minerais novos a partir dos minerais caulínicos, originando as micas ou as cloritas.

A constituição mineralógica varia também conforme o grau de metamorfismo. Sob condições mais severas poderá passar para micaxisto, até atingir o grau máximo de metamorfismo, no qual se formam os gnaisses. Pode ainda dar-se o caso de a rocha original receber elementos estranhos, que se adicionam durante seu processo de transformação, como por exemplo gases contendo boro, que poderão formar turmalinas, ou flúor, que será responsável pela fluorita (em calcários) ou topázio (em xistos), e muitos outros. A água, geralmente dissociada, é o fluido mais comum, de alta importância nas transformações mineralógicas, pelo fato de tornar o meio mais fluido.

Em certas condições, se o magma penetrar ou ficar em contato com certas rochas preexistentes, poderá verificar-se um metamorfismo motivado pelo aumento de temperatura, graças ao calor do magma. Se os minerais da rocha encaixante ficarem instáveis àquela temperatura mais elevada, dar-se-á a devida transformação, ou mineralógica ou na textura, dependendo do caso, e este processo chama-se metamorfismo de contato. As principais rochas metamórficas são as seguintes: quartzito, mármore, filito, micaxisto, cloritaxisto, anfíbólio-xisto e gnaisse.

**QUARTZITO.** — É uma rocha derivada do metamorfismo do arenito. Os grãos de quartzo da constituição original iniciam um crescimento na superfície, invadindo os interstícios. Forma-se uma textura granular imbricada. O eventual cimento argiloso do arenito transforma-se em muscovita. Sua cor é branca, rósea ou vermelha. A variedade flexível de quartzito é chamada *italomito*.



**ITABIRITO.** — É uma variedade de quartzo que possui, além de quartzo, grande quantidade de hematita, às vezes lamelar. Este nome foi tirado do pico de Itabira, MG, por W. von ESCHWEGE, em 1822.

**MÁRMORE.** — Provém do calcário ou do dolomito. Os grãos microscópicos de calcita recristalizam-se, formando cristais macroscópicos, apresentando uma aparência sacaróide. A cor é bastante variável, podendo ser branca, rósea, esverdeada ou preta. As impurezas primitivas podem recristalizar-se como mica, clorita, grafita, etc., dependendo da composição mineralógica da impureza. Efervesce com *HCl* frio, e, quando dolomítico, só aquecido.

Os sedimentos argilosos transformam-se nas seguintes rochas, citadas em ordem crescente quanto ao rigor do metamorfismo:

**ARDÓSIA.** — Microcristalina, cor de cinza a preta, boa xistosidade, mas somente perceptível pela boa divisibilidade, tão boa, que pode formar grandes placas, usadas para lousas ou para telhados. Possui um aspecto sedoso nos planos. Sua consistência é mole e fácil de riscar-se com canivete.

**FILITO.** — Micro a macrocristalino, cor prateada, cinzenta, esverdeada, até preta. Alguns minerais, como a clorita ou mica, já se tornam perceptíveis a olho nu. Sua divisibilidade é excelente.

**CLORITAXISTO.** — Macrocristalino e de cor esverdeada. Similar ao micaxisto, somente que, em vez de possuir mica, seu constituinte principal é a clorita.

**MICAXISTO.** — Macrocristalino, cor prateada, cinzenta ou preta. Minerais visíveis: muscovita ou biotita, quartzo, granada, etc. Boa xistosidade e boa divisibilidade.

**ANFIBÓLIO-XISTO.** — Macrocristalino, cor verde-escura até quase preta. Xistosidade excelente, com tendências lineares, graças ao arranjo dos prismas de anfibólio. Contém ainda quartzo e às vezes clorita.

**GNAISSE** (fig. 2-6). — Um grande grupo de rochas metamórficas são designadas com este termo. São rochas de textura bem orientada, na maioria das vezes, e que contêm na sua constituição o feldspato, além de outros



Fig. 2-6

Gnaisse, uma das rochas metamórficas mais comuns do pré-cambriano brasileiro. É formada em grandes profundidades. As zonas claras são constituídas de ortoclásio e quartzo, podendo ou não haver muscovita. As escuras são mais ricas em anfibólios ou biotita ou ambos (foto de F. Takeda).

minerais como quartzo, mica, anfibólio, granada, etc. Sua divisibilidade não é boa como a dos xistos. São macrocristalinos e assemelham-se muito a um granito, exceto na textura. Possuem cor cinza, rósea, até quase preta. O gnaisse proveniente do metamorfismo de sedimentos é chamado *paragneisse*, e o proveniente de rochas ígneas é designado *ortogneisse*. Ambos são muito comuns no embasamento cristalino brasileiro.

#### BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- BARTH, T. F. W., C. W. CORRENS, e R. ESKOLA, *Die Entstehung der Gesteine*, Verlag Von Julius Springer, Berlim, 1939.
- CORRENS, C.W., *Introduction to Mineralogy*, Springer-Verlag, Berlim, 1969.
- DANA, E. S., *A Textbook of Mineralogy*, John Wiley & Sons, Inc., Nova York, 1932.
- DANA, J. D., *Manual de Mineralogia*, vols. 1 e 2 (trad.), Ed. da Univ. de São Paulo, 1969.
- ERNST, W. G., *Minerais e Rochas*, trad. de Evaristo Ribeiro Filho, Ed. Edgard Blücher Ltda. 1971.
- FRANCO, R. R., e João Ernesto de SOUZA CAMPOS, *Pedras preciosas — noções fundamentais*, DESA, Col. Buriti, 1965.
- LEINZ — SOUZA CAMPOS, *Guia para determinação de minerais*, Editora Nacional, São Paulo, 1968.
- TURNER, F., e J. VERHOOGEN, *Igneous and Metamorphic Petrology*, McGraw-Hill Book, Co., Nova York, 1951.
- TYRRELL, G. W., *The Principles of Petrography*, E. P. Dutton & Co., Inc., Nova York, 1952.