

CLASSE DOS ELEMENTOS NATIVOS

Minerais dessa classe são compostos idealmente por arranjos de átomos de um único elemento químico (ou por soluções sólidas envolvendo elementos afins como, por exemplo, a do ouro com a prata). Algumas das propriedades físicas desses minerais são semelhantes às daquelas dos próprios elementos químicos, isto é metais, semi-metais e não metais. Outras propriedades são tipicamente conferidas pelo tipo de ligação química envolvida na formação dos minerais desta classe.

Os metais nativos importantes podem ser subdivididos em: a) grupo do ouro; b) grupo da platina; c) grupo do ferro. O grupo do ouro inclui Au, Ag e Cu nativos como minerais importantes e Pb e Hg como raras curiosidades mineralógicas. No grupo da platina os principais elementos nativos são a platina (Pt), o paládio (Pd) e ligas naturais como Platina-Irídio (Pt, Ir) e Ósmio-Irídio (Os, Ir). Os minerais significativos no grupo do ferro são o Fe e as ligas naturais de Níquel-Ferro (Ni,Fe) mais comuns em meteoritos como a Kamacita e a Taenita. Ta, Sn e Zn podem ocorrer como elementos nativos, mas são muito raros. As características gerais dos metais nativos incluem dureza baixa, alta maleabilidade, ductilidade e, em alguns casos, sectilidade. São bons condutores de calor e eletricidade, possuem baixo ponto de fusão e brilho metálico. Estas características gerais são conferidas em grande parte pela ligação metálica, enquanto as características particulares de cada metal (como cor, densidade, etc) são resultado das propriedades atômicas do elemento respectivo.

Os semi-metais nativos compreendem o arsênio (As), antimônio (Sb) e bismuto (Bi), normalmente agrupados sob a designação de grupo do arsênio. Sua estrutura não pode ser representada por esferas, porque cada átomo está mais próximo de alguns vizinhos do que de outros, resultando em um tipo de ligação intermediário entre metálica e covalente, que fornece a estes minerais sua baixa tenacidade, além de simetria mais baixa e condutividade térmica e elétrica menores que as dos metais. A estrutura é acamadada, paralelamente a {0001}, conferindo uma boa clivagem nesta direção.

Os não metais nativos compreendem o grupo do Carbono (diamante e grafite), e o enxofre. As estruturas cristalinas e os tipos de ligação química no diamante e no grafite são muito contrastantes, embora ambos possuam a mesma composição química. Enquanto o diamante é formado por uma rede tridimensional de tetraedros de átomos de carbono fortemente unidos entre si por ligações covalentes, o grafite é formado por planos paralelos a {0001}, onde os átomos de carbono também estão ligados covalentemente, mas entre um plano e o outro as ligações são muito fracas (forças de van der Waals). As diferenças no tipo de ligação presente explicam o enorme contraste observado em algumas propriedades físicas do diamante e do grafite, como por exemplo a dureza. O enxofre nativo pode ocorrer sob a forma ortorrômbica ou monoclinica, embora a última seja muito rara. No enxofre ortorrômbico, os átomos estão organizados em anéis com oito átomos de enxofre ligados covalentemente entre si. A ligação de um anel com outro é feita através de forças de van der Waals. Ao contrário do grafite, entretanto, no enxofre nativo os anéis não estão posicionados ao longo de um único plano, o que explica a ausência de uma clivagem proeminente (como a do grafite) neste mineral.

As principais características macroscópicas dos elementos nativos mais importantes são fornecidas no resumo abaixo.

1. Ouro – Au

Dados cristalográficos: isométrico, $4/m\bar{3}2/m$

Hábito: Cristais octaédricos, raramente faces dodecaédricas, cúbicas e trapezodrais. Frequentemente em agregados de cristais arborescentes (dendríticos), filiformes, reticulados ou esponjosos. Também maciço, formando grãos (pepitas) irregulares, rugosos, arredondados ou achatados.

Propriedades físicas:

Fratura: irregular

Maleável, dúctil e sectil

Dureza: baixa (2,5 a 3,0)

Peso específico: 19,3 (Au puro). Diminui com a presença de prata, cobre, etc em solução sólida.

Brilho: metálico

Cor e traço: Amarelo-ouro. Tons variam em função da pureza (mais esbranquiçado com a presença de prata, mais alaranjado ou avermelhado em ligas com Cu).

Opaco

Composição e estrutura: uma solução sólida completa existe entre Au e Ag, e o ouro nativo frequentemente contém 10 a 15% Ag. Para proporções de prata maiores que 20% a liga recebe o nome de

“electro”. Pequenas quantidades de Cu e Fe podem estar presentes, além de Bi, Pb, Sn, Zn e os metais do grupo da platina. Estrutura cúbica compacta.

Paragênese e usos: A proporção média de ouro na crosta terrestre é de 4 ppb (partes por bilhão). Entretanto, o ouro pode atingir concentrações bem mais altas, se for relativamente concentrado por processos geológicos, em condições e ambientes geológicos específicos. Concentrações de ouro ocorrem comumente associadas a pirita e outros sulfetos em veios de quartzo de origem hidrotermal. Au é também um sub-produto comum da mineração de sulfetos de metais básicos, onde ocorre associado a pirita, calcopirita, pirrotita, esfalerita. Em depósitos sedimentares do tipo plácer (aluvião) associa-se a outros minerais pesados resistentes ao intemperismo. A concentração relativa de ouro pode ocorrer também em solos residuais. O ouro foi historicamente utilizado como lastro de moeda por muitos países, mas este uso tem diminuído consideravelmente em tempos modernos. Os principais usos do ouro são como investimento financeiro, como matéria prima na indústria joalheira, aplicações em odontologia, galvanoplastia, revestimento de componentes eletrônicos, e na indústria de equipamentos científicos.

2. Prata - Ag

Dados cristalográficos: isométrico, $4/m\bar{3}2/m$

Hábito: cristais mal formados em grupos arborescentes ou reticulados. Encontrados principalmente como massas irregulares, escamas, placas e agregados filiformes.

Propriedades físicas:

Fratura: irregular

Dureza: baixa (2,5 a 3,0)

Peso específico: 10,5 (Ag pura). Muda com a presença de ouro ou cobre em solução sólida.

Brilho: metálico

Maleável, dúctil e sêtil

Cor e traço: branco prata. A superfície é freqüentemente escurecida para marrom ou preto acinzentado, por efeito de embaçamento.

Opaco

Composição e estrutura: prata nativa freqüentemente contém Au, Hg, Cu, mais raramente traços de Pt, Sb e Bi. Estrutura cúbica compacta

Paragênese e usos: Prata nativa ocorre em pequenas quantidades na zona de oxidação de depósitos minerais ou como produto primário de deposição de soluções hidrotermais. Em sistemas hidrotermais, prata nativa pode estar associada a uma variedade de minerais: a) sulfetos, zeolitas, calcita, barita, fluorita e quartzo (Kongsberg, Noruega); b) arsenietos e sulfetos de cobalto, níquel e prata, e bismuto nativo (Freiberg, Alemanha; Cobalt, Canadá); c) uraninita e minerais de cobalto e níquel (Great Bear Lake, Canadá); d) cobre nativo (Michigan). Entretanto, a maior parte da produção mundial de prata vem de outros minerais, tais como acantita (Ag_2S), proustita (Ag_3S) e pirargirita (Ag_3SbS_3). A prata tem usos variados, incluindo fotografia, galvanoplastia, componentes eletrônicos, refrigeração, joalheria e utensílios de prata. Historicamente a prata foi muito importante na cunhagem de moedas, mas foi gradativamente substituída por outros metais, como o cobre e o níquel, e posteriormente por outras ligas metálicas.

3. Cobre – Cu

Dados cristalográficos: isométrico, $4/m\bar{3}2/m$

Hábito: Faces tetrahexaedro são comuns. Também cubo, dodecaedro e octaedro. Cristais normalmente mal formados, formando grupos arborescentes. Normalmente ocorre como massas irregulares, escamas, placas e formas torcidas, semelhantes a fios.

Propriedades físicas:

Fratura: irregular

Dureza: 2,5 a 3,0

Peso específico: 8,0 a 9,0

Brilho: metálico

Maleável, dúctil e sêtil

Cor: vermelho do cobre em superfície fresca. Normalmente escuro com brilho fosco devido à oxidação.

Opaco

Composição e estrutura: Cobre nativo freqüentemente contém pequenas quantidades de Ag, Hg, As, Sb e Bi. Estrutura cúbica compacta

Paragênese e usos: Cobre nativo é um constituinte comum de zonas oxidadas de depósitos sulfetados de cobre, onde está associado a minerais como cuprita, malaquita e azurita. Também como produto de sistemas hidrotermais (Cu nativo primário), especialmente associados a rochas ígneas básicas, associado a

prehnita, datolita, epidoto, calcita e zeolitas. A maior parte da produção de cobre vem de sulfetos, e não de cobre nativo. Os principais usos do cobre são para fins elétricos, especialmente sob a forma de fios, e na produção de ligas metálicas como o latão (cobre e zinco), o bronze (cobre e estanho, com algum zinco) e a prata alemã (cobre, zinco e níquel).

4. Platina - Pt

Dados cristalográficos: isométrico, $4/m \bar{3} 2/m$

Hábito: cristais cúbicos são raros, normalmente mal formados. Geralmente encontrados como grãos pequenos e na forma de escamas.

Propriedades físicas:

Dureza: 4,0 a 4,5 (alta para um metal, aumenta com o teor em Fe)

Peso específico: 21,45 quando pura.

Brilho: metálico

Maleável e dúctil

Cor: cinza azulado com forte brilho

Opaco

Magnética quando rica em Fe.

Composição e estrutura: Platina nativa forma liga com ferro (até 28% Fe) e menores quantidades de Ir, Os, Rh, Pd e também Cu, Au e Ni. Estrutura cúbica compacta.

Paragênese e usos: A platina ocorre quase exclusivamente na forma nativa (exceto pelo mineral sperrilita – PtAs₂), associada com: a) rochas ultrabásicas (com olivina, cromita, piroxênio e magnetita, Bushveld, África do Sul); b) sub-produto de minério de níquel-cobre (Sudbury, Canadá), c) em aluviões ou como sub-produto da mineração de ouro e, mais raramente, do cobre. Algumas das principais aplicações da platina derivam de sua maior dureza e ponto de fusão mais alto do que outros metais nobres. Platina é usada na indústria automobilística (catalisadores), química e de petróleo, odontologia, instrumentos cirúrgicos e de laboratório, joalheria e equipamentos elétricos.

5. Ferro - Fe

Dados cristalográficos: isométrico, $4/m \bar{3} 2/m$

Hábito: Cristais são raros. Em materiais terrestres: Fe nativo ($\alpha\text{-Fe}$) ocorre como raros grãos ou massas associados com rochas basálticas (uma exceção notável é Disko Island, na Groenlândia, onde as massas de Fe nativo podem atingir várias toneladas). Ligas naturais de níquel-ferro ocorrem raramente, como pequenas placas e grãos, produto da alteração de olivina em serpentinitos. Em meteoritos, Fe (kamacita) ocorre como placas e massas lamelares, em intercrescimentos regulares com Ni-Fe (taenita)

Propriedades físicas ($\alpha\text{-Fe}$):

Clivagem {001} pobre

Fratura: irregular

Dureza: 4,5

Peso específico: 7,3 a 7,9

Brilho: metálico

Maleável

Cor: cinza aço a preto

Opaco

Fortemente magnético

Composição e estrutura:

α Fe sempre contém algum Ni e freqüentemente pequenas quantidades de Co, Cu, Mn, S, C.

kamacita: pode conter até 5,5 % em peso de Ni

Taenita: teor de Ni variável, de 27% a 65% em peso

α Fe e kamacita: cúbico de corpo centrado

Taenita: cúbico de face centrada

Estrutura cúbica compacta

Paragênese e usos: Fe nativo é extremamente raro em materiais terrestres. Em alguns meteoritos, kamacita e taenita estão associadas a troilita (FeS). As principais fontes de ferro para a indústria são os minerais da classe dos óxidos (hematita, magnetita)

6. Arsênio - As

Dados cristalográficos: hexagonal (trigonal) $3 2/m$

Hábito: cristais pseudocúbicos são raros. Usualmente maciço granular, reniforme, estalactite.

Propriedades físicas:

Clivagem {0001} perfeita
Dureza: 3,5
Peso específico: 5,7
Brilho: quase metálico, em superfície fresca
Quebradiço
Cor: branco em superfície fresca, oxida para cinza escuro. Traço: cinza
Opaco
Fortemente metálico

Composição e estrutura: Arsênio nativo frequentemente mostra uma limitada substituição de Sb; traços de Fe, Ag, Au, Bi

Paragênese e usos: Arsênio nativo é um mineral raro, associado com minérios de prata, cobalto e níquel. Pode estar também associado a barita, cinábrio, realgar, stibnita, ouro-pigmento e galena. A produção comercial de arsênio, para uso na indústria química (herbicidas, inseticidas) e em ligas, vem de outros minerais como arsenopirita (FeAsS), enargita (Cu_3AsS_4) e tenantita ($\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$)

7. Enxofre - S

Dados cristalográficos: ortorrômbico, 2/m 2/m 2/m

Hábito: cristais comuns, tipicamente piramidais (combinações de dipirâmides, prisma e pinacóide basal). Massas irregulares imperfeitamente cristalizadas (reniformes, estalactites, incrustações, terroso)

Propriedades físicas:

Fratura: conchoidal a imperfeita
Dureza: 1,5 a 2,5
Peso específico: 2,05 a 2,09
Brilho: resinoso
Quebradiço
Cor: amarelo enxofre
Pobre condutor de calor.

Composição e estrutura: enxofre nativo pode conter pequenas quantidades de Se em substituição ao S

Paragênese e usos: S nativo é encontrado em regiões de vulcanismo recente e também em seqüências sedimentares que contêm sulfatos junto com matéria orgânica (associado a anidrita, gipsita e carbonatos). O enxofre e os compostos de enxofre são utilizados em uma variada gama de processos industriais como a produção de fertilizantes, inseticidas, borracha, sabão, tecidos, papel, couro, tintas, corantes, explosivos, medicamentos, plásticos, etc.

8. Diamante - C

Dados cristalográficos: isométrico, 4/m $\bar{3}$ 2/m

Hábito: cristais geralmente octaédricos, mas podem ser cúbicos e dodecaédricos. Faces curvas são comuns.

Propriedades físicas:

Clivagem {111} perfeita
Dureza: 10
Peso específico: 3,51
Brilho: adamantino. Cristais não cortados tem uma aparência graxosa. Alto índice de refração ($n=2,42$), brilho forte.

Cor: amarelo pálido, incolor, tons pálidos de vermelho, laranja, verde, azul e marrom. Tons mais escuros são raros. Carbonado é preto ou preto acinzentado (não tem clivagem, é opaco e menos brilhante que os cristais).

Composição e estrutura: puro Carbono

Paragênese e usos: diamante ocorre em rochas ígneas alcalinas (kimberlitos, lamproitos), e em depósitos sedimentares do tipo aluvião. Além do uso como gema, diamante possui várias aplicações industriais, como abrasivo e na fabricação de instrumentos de corte e polimento. O diamante pode ser sintetizado em escala comercial, e a maior parte do total do diamante consumido no mundo tem origem artificial. Os processos de fabricação de diamante ainda não conseguem, entretanto, competir comercialmente com as gemas naturais de boa qualidade.

9. Grafita - C

Dados cristalográficos: hexagonal, 6/m 2/m 2/m

Hábito: cristais tabulares hexagonais com proeminente plano basal. Geralmente em massas foliadas ou escamosas, pode ser radial ou granular.

Propriedades físicas:

Clivagem {0001} perfeita
Dureza: 1,0 a 2,0
Peso específico: 2,23
Brilho: metálico
Cor e traço: preto
Sensação graxosa
Flexível, mas não elástico (foliável)

Composição e estrutura: Carbono, com impurezas de óxido de ferro, argilas ou outros minerais.

Paragênese e usos: A grafita natural ocorre principalmente em rochas metamórficas e, mais raramente, em pegmatitos, diques e veios associados com rochas ígneas. Além do grafite usado no lápis (mistura de grafita e argila), o mineral é usado na fabricação de refratários (moldes de fundição), lubrificantes, tintas, eletrodos, equipamentos elétricos, etc.

Aula prática

A coleção de mineralogia I contém amostras macroscópicas de cobre, grafita e enxofre. Observe-as e tente identificar as propriedades diagnósticas dos respectivos minerais.

Além das amostras macroscópicas, quatro seções polidas estão disponíveis, incluindo ouro (CMG-006), prata (39), cobre (55) e grafita (64). Observe essas seções polidas. Utilize a Chave de Minerografia durante as suas observações.

As seções polidas de cobre e grafita são monominerálicas.

A seção polida de ouro contém também uma série de sulfetos. Essa seção já foi anteriormente estudada por você.

A seção polida de prata contém prata, pirita e pirargirita (Ag_3SbS_3). Tente identificar esses três minerais. Lembre-se que a prata, assim como os outros minerais do grupo dos metais, tem refletividade muito alta e, portanto, as propriedades ópticas dos minerais que acompanham prata podem estar mascaradas.

Referências bibliográficas:

- Klein, C. & Hurlbut, C.S., 1999. Manual of Mineralogy. John Wiley & Sons, New York
- Milovsky, A.V. & Kononov, O.V., 1985. Mineralogy. Mir Publishers. Moscow.

	PROPR. FÍSICAS	OCORRÊNCIA	USOS
Au	• octaedros, agreg. dendríticos. • Dureza: 2,5 • Densidade: 19,3 (puro) a 15,0	• veios hidrot. c/ qzo, py, apy • sub-produto de metais básicos • solos residuais • aluviões	joalheria, investimentos, ind. eletrônica, instr. científicos, odontologia, revestimento
Ag	• cristais mal formados, massas irregulares, placas, lamelas, agregados. filiformes • Dureza: 2,5–3,0 • Densidade: 10,5 (pura) a 10-12	depósitos hidrotermais, com: • sulfetos, zeolitas, calcita, barita, fluorita, quartzo • arsenietos e sulfetos de Co, Ni e Ag, Bi nativo • uraninita, minerais de Co-Ni • Produção: sulfetos/ sulfossais (Acanita Ag_2S; Proustita Ag_3AsS_3; Pirargirita Ag_3SbS_3)	mat. fotográficos, revestimento de superfícies, utensílios, ind. eletrônica
Cu	• cristais mal formados, agregados dendríticos, massas, lamelas, placas, agreg. filiformes • Dureza: 2,5 – 3 • Densidade: 8,9	• zona de oxidação em depósitos de Cu, com cuprita, malaquita, azurita. • Cu primário, hidrotermal, associado com basaltos • mais raramente em arenitos e conglomerados. • Produção: sulfetos	indústria eletro-eletrônica (fios), confecção de ligas: latão (Cu+Zn), Bronze (Cu+Sn), Prata alemã (Cu+Zn+Ni)
Pt	• cristais cúbicos raros, mal formada, anédrica, lamelas, pepitas. • Dureza: 4–4,5 • Densidade: 21,45 (pura) a 14-19	• r. ígneas ultrabásicas, assoc. com olivina, cromita, px, mt • aluviões proximais • sub-produto de Cu-Ni • Forma ligas naturais com Fe, Ir, Os, Rh, Pd, Cu, Au, Ni.	catalizadores p/ automóveis, ind. química, odontologia, instr. cirúrgicos, joalheria, equip. elétricos
Fe	• cristais raros, massas. • Dureza: 4,5 • Dens.: 7,3-7,9 • Forte magnetismo	• Raro em materiais terrestres, assoc. c/ basaltos (Groenlândia) • Comum em meteoritos (kamacita, taenita)	fonte principal a partir de óxidos

	PROPR. FÍSICAS	OCORRÊNCIA	USOS
S	• ortorrômbico (comum) ou monoclinico • prismático-piramidal, agreg. irregulares, maciço, reniforme, estalactítico, terroso • brilho resinoso, cor amarela • sem clivagem, fratura conchoidal • combustão fácil • Dureza: 1,5-2,5 • Densidade: 2,05-2,09	• fumarolas • redução bacteriana de sulfatos • oxidação de sulfetos em veios • em rochas sedimentares com anidrita, gipsita, carbonato • em rochas betuminosas	ind. química (H ₂ S, H ₂ SO ₄), inseticidas, fertilizantes, vulcanização, sabão, têxteis, couros, papel, tintas, corantes, ind. de petróleo
C (diam.)	• octaedros, cubos, dodecaedros, hexa-octaedros, faces curvas • clivagem octaédrica perfeita • brilho adamantino • Dureza: 10 • Densidade: 3,52	• kimberlitos e lamproitos • depósitos de aluviões	joalheria, usos industriais (abrasivo, instrumentos de corte e polimento)
C (graf.)	• cristais tabulares, massas foliadas ou lamelares, radiado ou granular • clivagem {0001} perfeita • Dureza: 1-2 • Densidade: 2,23	• rochas metamórficas (mármore, xisto, gnaisses) • carvão metamorfoisado • veios hidrotermais c/ qzo, biotita, ortoclásio, turmalina, apatita, pirita, titanita • raramente em r. ígneas • alguns meteoritos • Sintético	refratários, lubrificantes, tintas, baterias, eletrodos, geradores, mat. prima para lápis