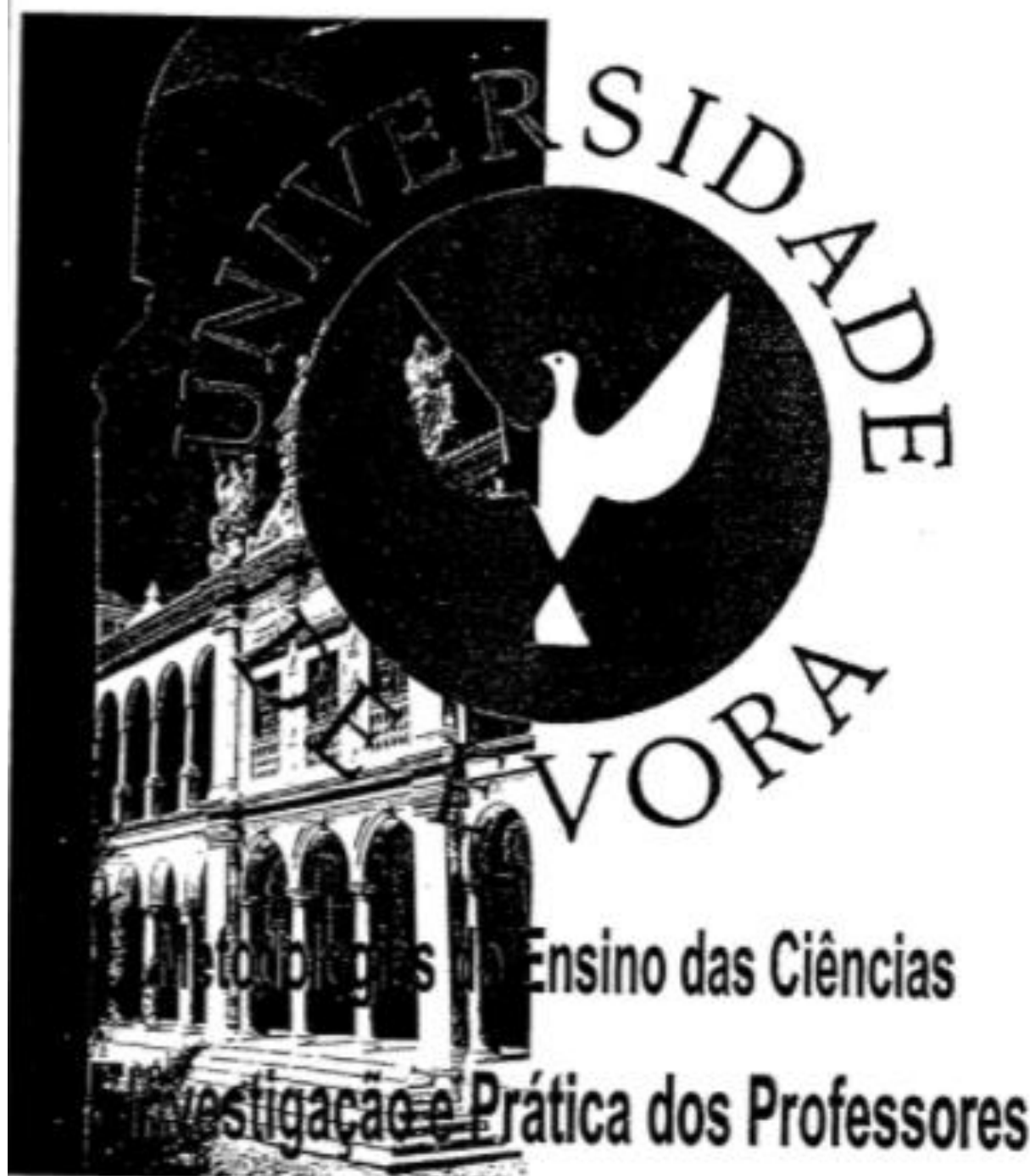


Vitor Manuel Trindade (Coord.)



Secção de Educação
Departamento de Pedagogia e Educação
Universidade de Évora



1999



FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN

Vitor Manuel Trindade (Coord.)
Isabel José Fialho
Jorge Bonito
Marília Cid

Metodologia do Ensino das Ciências Investigação e Prática dos Professores

Secção de Educação
Departamento de Pedagogia e Educação
Universidade de Évora

Ficha Técnica

As opiniões expressas nesta publicação são de responsabilidade dos autores e não reflectem necessariamente a opinião ou orientações do Departamento de Pedagogia e Educação

Título: Metodologias do Ensino das Ciências – Investigação e Práticas dos Professores

Todos os direitos reservados

Copyright: ©1999 Departamento de Pedagogia e Educação

Editor: Secção de Educação
Departamento de Pedagogia e Educação
Universidade de Évora
Apartado 94
7002-554 ÉVORA – Portugal

Edição subsidiada pelo Serviço de Educação da Fundação Calisto Gubertian

Organizadores: Vítor Manuel Trindade (Coord.), Isabel José Fialho, Jorge Borito, Mariana Cid

1ª Tiragem: 750 exemplares

Depósito legal n.º 135107/99

ISBN n.º 972-98136-0-4

Impressão e acabamentos: GRAFIS – Cooperativa de Artes Gráficas – C. R. L.

ROCHAS ORNAMENTAIS E "MINERAIS SINTÉTICOS" – Aplicações no Ensino –

*Clementina Teixeira**

Palavras-chave: Cristalização, Crescimento de Cristais em Rochas e Conchas, "Minerais Sintéticos", Nucleação Heterogénea

A cristalização foi, ao longo dos tempos, a menina bonita cobiçada por vários ramos da Ciência: pela Química, como técnica de purificação de substâncias; pela Física, no estudo das propriedades dos sólidos; pela Mineralogia e Geologia, associada aos estudos clássicos sobre os cristais naturais e a génese de minerais e rochas. No entanto, são cada vez mais numerosos os exemplos da sua aplicação no nosso quotidiano: o açúcar e o cloreto de sódio cristalinos que usamos na nossa alimentação; grande parte dos medicamentos que tomamos, constituídos por substâncias cristalinas; os cristais de silício dos chips de electrónica do rádio, da televisão; os rubis sintéticos dos lasers; os mostradores de cristais líquidos das máquinas de calcular; os abrasivos de muitas ferramentas e instrumentos de corte, feitos com diamantes sintéticos como, por exemplo, os bisturis usados em cirurgia; as pedras artificiais que nos seduzem nas montras de bijouterie... Enfim, poder-se-á dizer que, nas décadas finais do século XX, a tecnologia dos cristais tomou conta das nossas vidas! De facto, a cristalização passou a fazer parte integrante de muitas outras áreas científicas e tecnológicas e, actualmente, tem uma parte de leão na tecnologia de novos materiais. No Quadro 1, de acordo com estatísticas que até já nem são muito recentes, encontram-se listadas as principais aplicações na indústria química, por ordem decrescente da sua importância.

Apesar das técnicas de cristalização e áreas afins terem evoluído e assumido uma grande importância no mundo tecnológico moderno, na maioria dos manuais de disciplinas de Química do Ensino Secundário são meramente reduzidas às suas aplicações clássicas como técnicas separativas ou de purificação. É curioso constatar que, por vezes, vêm melhor documentadas em manuais de Técnicas Laboratoriais de Geologia: para além do leque de substâncias a experimentar ser muito mais vasto, existe uma certa

* Dep. Engenharia Química e Centro de Química Estrutural - Inst. Superior Técnico - Av. Rovisco Pais - 1096 Lisboa Codex - Telef.: (+351).1.8419287/8418032 - Fax.: (+351).1.8464455/8464457 - "E-mail": pcclementina@alfa.ist.utl.pt

Quadro 1

Principais aplicações da cristalização na indústria química (Hulliger, 1994)

Cristalização industrial:

- produtos de grande tonelagem (um milhão de toneladas por ano): cloreto de sódio, ureia, açúcar, zeólitos
- monocristais de elementos (Si) e de compostos (óxido de zircónio)

Determinações de estruturas de cristais, associada à síntese Química (mais de oito mil por ano)

Técnica separativa, de purificação e de caracterização de pureza (química fina, pigmentos, produtos naturais)

Separação de misturas racémicas, determinações de configurações absolutas de moléculas

Cristalização de macromoléculas (proteínas e polímeros)

Preparação de cristais para a medida rigorosa de propriedades espectroscópicas e físicas

Biocristalização (medicina: osteoporose, cálculos do fígado e vesícula, etc.)

Síntese de catalizadores com topologia específica em zeólitos

preocupação em distinguir e sistematizar os vários métodos de cristalização. No entanto, esta situação não é apenas característica do nosso País: ela é idêntica ao que se passa a nível internacional: na maioria dos muitos livros de texto de Introdução à Química, dita "Geral", a cristalização não merece melhor sorte e se o leitor pretende mais documentação sobre este assunto, é forçado a procurar literatura especializada em outros campos, normalmente em revistas ou livros de cristalografia que pecam por um tratamento demasiado profundo, em relação às exigências de preparação dos professores do ensino secundário. Parece, pois, poder concluir-se, que ao nível dos manuais introdutórios de Química, não se explora como deve ser o que a cristalização tem de melhor para nos oferecer: a beleza apaixonante dos cristais! Pelo que já se disse em abono desta técnica e ainda que de forma superficial, a cristalização não deveria deixar de ser abordada nas suas vertentes principais, condensadas no Quadro 2, independentemente do ramo científico em que o seu estudo se encontra inserido, seja ele da Química, Mineralogia e Geologia, Física, ou Ciências dos Materiais.

O projecto "Rochas Ornamentais e Minerais Sintéticos" foi iniciado no Instituto Superior Técnico (Teixeira, et al., 1994) embora só se tenha estabelecido oficialmente em 1996, graças ao financiamento dos Programas PRODEP II FOCO e Ciência Viva (Ministérios da Educação, e da Ciência e da Tecnologia). É um projecto de investigação aplicada ao ensino que, cada vez mais, é feito de parceria com escolas do ensino secundário. Procura

demonstrar como a cristalização pode ser introduzida nos vários graus de ensino, do básico ao universitário e até apresentada ao público em geral, escolhendo experiências muito atractivas de crescimento de cristais em suportes rugosos (pedras e conchas) e outras, simulando a génese dos minerais na Natureza (Teixeira, 1995-1998): a cristalização de substâncias criteriosamente seleccionadas, entre aquelas que desenvolvem monocristais de grandes dimensões com relativa facilidade, é feita de uma forma por vezes artesanal, com recursos diminutos e ao alcance de todos, mas que permite obter resultados espectaculares. No seu conjunto, as pedras e os cristais sobre elas formados fazem lembrar minerais cristalizados sobre as respectivas rochas de formação, o que levou à designação do projecto: "Rochas Ornamentais", pois utilizam-se como suportes, entre outros, o granito e o mármore que caem dentro desta designação; "minerais" sintéticos, dada a semelhança aparente com minerais e gemas, necessariamente e por definição, naturais. A ideia inicial deste projecto foi, aliás, inspirada pelo comércio de minerais falsificados. Em Itália e especialmente perto do vulcão Etna na Sicília, aparecem colecções de minerais cuja venda é rentabilizada pela exploração desta ideia e nove, entre cada dez estrelas destas colecções, são falsificadas. Tal é o caso do sulfato de cobre, cristalizado sobre lava consolidada e vendido com o título de "covelina" e do alúmen de potássio, dopado com o corante amarelo tartrazina, que impunemente impingem aos turistas como uma das variedades alotrópicas do enxofre, "zolfo". Esta última falsificação é facilmente desmascarada pela solubilidade em água do referido composto iónico (o enxofre ortorrômbico, S_8 , só se dis-

Quadro 2

Cristalização e áreas afins

a) Cristalização:

Técnica laboratorial clássica (ver Quadro 1)

Técnica de produção industrial de cristais (ver Quadro 1)

b) Crescimento de cristais:

- Produção de monocristais de pequena dimensão (inferior a um milímetro) para determinações de estruturas, "os retratos das moléculas".

- Desenvolvimento de monocristais de grande ou média dimensão de elementos e de compostos, para aplicações tecnológicas específicas no campo dos Materiais e da Física

c) Caracterização de cristais, ou seja, a cristalografia propriamente dita, tal como ela é apresentada, por exemplo, em estudos clássicos de cristais naturais nas disciplinas de Geologia e de Mineralogia ou em Química, antecedendo os métodos experimentais de determinação de estruturas (difracção de raios X, etc.).

solve em dissulfureto de carbono, CS_2) e baseia-se na semelhança da forma dos cristais das duas substâncias: o hábito mais frequente dos cristais de alúmen (cubo truncado com um octaedro) é, à primeira vista e para olhos poucos experientes, semelhante à forma dos cristais deste elemento (Figura 1).



Figura 1 – A semelhança de forma entre os cristais de enxofre ortorrômbico e de alúmen de potássio. (Adaptado de Maia, p. 118)

Quadro 3

Os objetivos do Projecto "Rochas Ornamentais e Minerais Sintéticos"

Estimular o interesse pelo estudo e prática da Química experimental, criando experiências de carácter interdisciplinar, articulando conceitos das áreas de Química, Física, Materiais, Mineralogia e Geologia, Arte e Educação Visual:
 O desenvolvimento tecnológico impõe uma necessidade crescente de especialização, em prejuízo da cultura geral científica. Cada vez mais somos especialistas na nossa área e ignorantes na dos outros...As interações de carácter multidisciplinar permitem atenuar esta deficiência.

Divulgar a Química e a Ciência, em geral, junto do grande público:
 As experiências de grande espectacularidade permitem sensibilizar e mobilizar mesmo quem não tem conhecimentos nas matérias específicas envolvidas.

Criar uma nova forma de artesanato "Químico" e desmascarar o comércio de minerais falsificados.

Estimular a ocupação de tempos livres com actividades de carácter científico que podem envolver a própria família, estendendo a aprendizagem das Ciências para além dos tempos lectivos

Melhorar a ligação do ensino superior aos graus de ensino que o precedem e estes, ao desenvolvimento científico e tecnológico, fomentando a interacção da Universidade com a sociedade

Mostrar que, mesmo a partir das ideias mais simples, é possível desenvolver investigação científica.

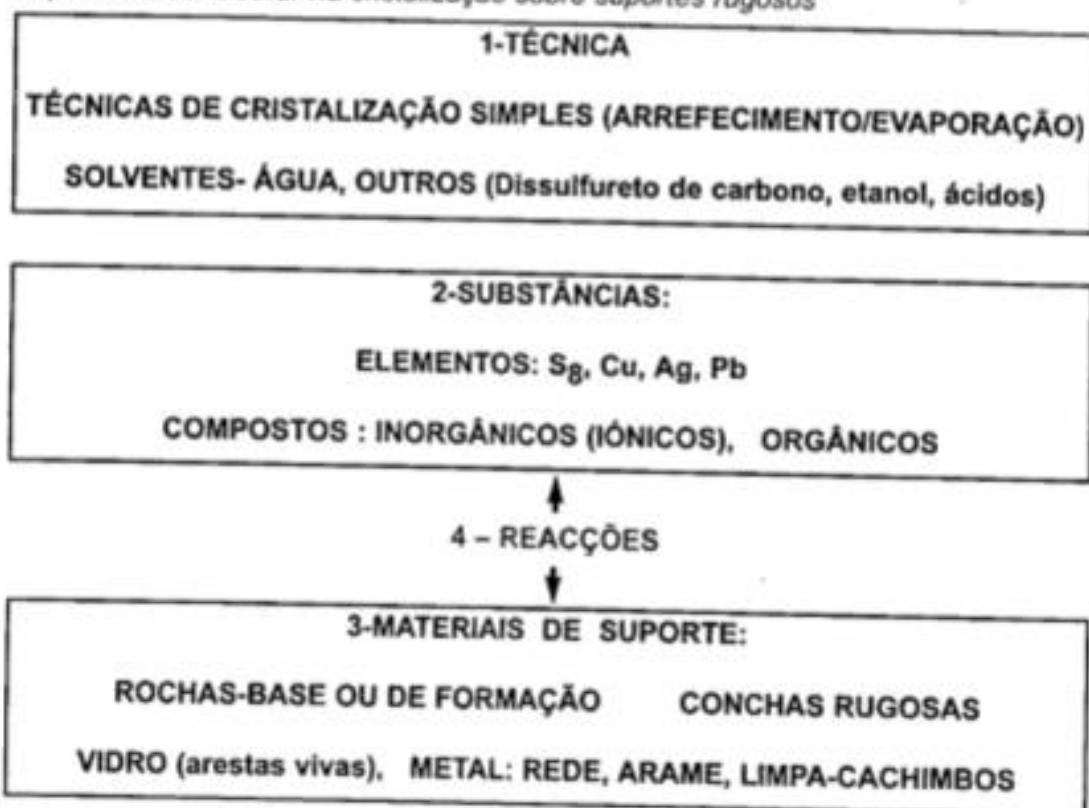
Colaborar com empresas interessadas na elaboração de material didáctico.

rimental das Ciências nos diversos graus do ensino e que possibilitem a sua ligação ao desenvolvimento científico e tecnológico.

As vertentes principais do projecto são: a cristalização sobre suportes rugosos ("minerais sintéticos"), a criação de experiências interactivas ligadas ao tema e a elaboração de material didáctico, incluindo videogramas. Os principais aspectos a considerar na preparação dos "minerais" vêm indicados no Quadro 5.

Quadro 5

Aspectos a considerar na cristalização sobre suportes rugosos



A técnica é mantida bastante simples e ao alcance de todos: a maior parte das substâncias usadas nas preparações são solúveis em água e aumentam de solubilidade com a temperatura. Basta, pois, um arrefecimento lento e controlado de soluções saturadas para induzir as condições de sobressaturação que levam à deposição do excesso de material, na forma de cristais bem desenvolvidos, sobre os suportes (Quadro 6). O método de cristalização é um processo misto de arrefecimento e evaporação parcial do solvente e pode até ser executado em casa, com utensílios de uso corrente (Quadro 7) desde que não envolva produtos tóxicos (Tabela 1).

A classificação das substâncias utilizadas como solutos vem apresenta-

da no Quadro 8. As rochas ou minerais mais utilizados como base para a cristalização são o granito, o quartzo, a lava consolidada e outros vulcanitos, os arenitos, o mármore e os quartzitos. Algumas rochas artificiais também podem ser utilizadas.

Quadro 6

Resumo das principais fases das preparações dos minerais sintéticos

- Preparação de uma solução saturada, a quente.
- Introdução da rocha ou concha na solução
- Arrefecimento lento da solução, sobressaturação e cristalização do soluto sobre a rocha.
- Separação da rocha com cristais da solução (águas mães).
- Recuperação da solução (águas -mães) por filtração e sua eventual reutilização.
- Secagem dos cristais, envernizamento, etc.

Quadro 7

Como fazer o mineral sintético em casa

- 1) Dissolva o produto em 100 ml de água previamente aquecida quase até ferver, usando um frasco de compota de vidro resistente a temperaturas altas.
- 2) Introduza a pedra rugosa ou concha, bem lavadas.
- 3) Feche o frasco com a tampa.
- 4) Deixe arrefecer o mais **lentamente possível** e em repouso em local onde a temperatura oscile pouco, de preferência no Inverno. Quanto mais baixa for a temperatura ambiente, melhor.
- 5) Pode improvisar um banho maria, mergulhando o frasco dentro dum recipiente com água quente e deixando arrefecer, retardando, desta forma, o arrefecimento de todo o conjunto.
- 6) Retire a pedra após formados os cristais, no dia seguinte. Se não obtiver cristais retire a tampa do frasco e deixe em repouso, para permitir a lenta evaporação da água.
- 7) Seque a pedra com um secador a frio e aplique verniz transparente de unhas ou em spray.
- 8) Pode voltar a usar a solução se a filtrar, com um filtro de papel, como o dos filtros de café. Nessa altura deverá dissolver mais composto na solução.
- 9) Proteja do sol, calor, pó e humidade. Guarde os cristais em caixas de plástico transparentes, colados com silicone (caixas de bombons).

Tabela 1*Alguns produtos a utilizar*

KH_2PO_4 Dihidrogenofosfato de potássio; granito e outros excepto rochas vulcânicas	45g/100 ml de água
$(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$ Dihidrogenofosfato de amónio; granito e outros excepto rochas vulcânicas	45g/100 ml de água
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Sulfato de cobre pentahidratado, nocivo; qualquer suporte	56 g/100 ml de água
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ Alúmen de potássio ; qualquer suporte	30g/100 ml de água
$\text{KNa}(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ Tartarato de potássio e sódio hidratado; qualquer suporte	139g/100 ml de água

Quadro 8*A classificação das substâncias da cristalização sobre suportes rugosos*

a. Metais
b. Cristais moleculares
c. Sais iónicos anidros
d. Sais iónicos simples hidratados
e. Sais iónicos duplos hidratados, $\text{M}^{\text{II}}\text{M}^{\text{III}}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (alúmenes); $\text{M}_2\text{M}^{\text{II}}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (schönites) : M^{II} metal alcalino ou ião monovalente; M^{II} e M^{III} , metais de valência +2 e +3
f. Soluções sólidas (misturas que apresentam co-cristalização)
g. Sistemas heterogéneos (misturas sem co-cristalização)
h. Complexos

Agradecimentos

A todos os professores do ensino secundário que directa, ou indirectamente, através dos seus trabalhos no FOCO, contribuíram para o desenvolvimento deste tema. A autora agradece o financiamento deste projecto às seguintes entidades: Ministério da Ciência e da Tecnologia, Programas Ciência Viva I/II, Projs. P046, PII-147; Ministério da Educação, PRODEP II-FOCO, 96/97.

Referências Bibliográficas

- Hulliger, J.
(1994). Chemistry and Crystal Growth. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 33, 143-162.

- Mesquita, C., Santana, A., & Teixeira, C.
(1994). On the Rocks. *Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 53, 50-54.
- Teixeira, C. (1997). *O livro das pedras*. Partes I e II. 2ª ed. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Teixeira, C.
(1997). *Experiências interactivas ligadas ao tema das rochas ornamentais*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Teixeira, C., Sousa, A. T., & Trigueiros, I.
(1997). Cristalização: síntese de sais iónicos duplos. *Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 66, 25-31.
- Teixeira, C.
(1997). As rochas ornamentais e os minerais sintéticos. Video nº1, Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Teixeira, C.
(1997). *On the rocks... Crystallisation on rough surfaces*. Video n.º 2, Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Maia, L. O.
(1967). *Mineralogia*. 6º ano do ensino liceal. Lisboa: Livraria Popular de Francisco Franco.