

TEIXEIRA, C., LOURENÇO, N., MATOS, S., RODRIGUES, M. J., SILVÉRIO, M. C,  
SILVA, I., COELHO, M. F., MORAIS, A. M, SOARES, M. F, GOMES, A. A. EM  
"ROCHAS ORNAMENTAIS E MINERAIS SINTÉTICOS -EXPERIÊNCIAS  
INTERACTIVAS", METODOLOGIA DO ENSINO DAS CIÊNCIAS -  
INVESTIGAÇÃO E PRÁTICA DOS PROFESSORES, V. M. TRINDADE  
(COORD.), SECÇÃO DE EDUCAÇÃO, DEPARTAMENTO DE PEDAGOGIA E  
EDUCAÇÃO, UNIVERSIDADE DE ÉVORA, 247-261, 1999.

COMENTÁRIO: INCLUI PROTOCOLOS DE EXPERIÊNCIAS EM MICRO-  
ESCALA, RETROPROJECTOR E MICROSCOPIA QUÍMICA, JARDINS DE  
SÍLICA E PREPARAÇÃO DE UM POLÍMERO DE SILÍCIO, A BOLA  
SALTITONA.

## **ROCHAS ORNAMENTAIS E “MINERAIS SINTÉTICOS”- EXPERIÊNCIAS INTERACTIVAS**

**Teixeira, Clementina\*;** Lourenço, Nuno; Matos, Sandro; Rodrigues, Maria José

Departamento de Engenharia Química e Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1096 Lisboa Codex

**Silvério, Maria da Conceição; Silva, Isabel**

Escola Secundária de Palmela, Avenida Palmelense Futebol Clube, 2950 Palmela

**Coelho, M. Fátima; Morais, Ana M.; Soares, M. Filomena; Gomes, A. Augusta**

Escola Secundária Manuel Cargaleiro, Rua Bento de Moura, Fogueteiro, 2840 Seixal

As experiências interactivas caracterizam-se, em geral, pelos seus resultados imediatos de grande espectacularidade, permitindo estimular o interesse do público que nelas pode participar. A selecção aqui escolhida, ligada ao tema das Rochas Ornamentais e Minerais Sintéticos (Teixeira, 1998) foi testada em cursos FOCO e nas disciplinas de Técnicas Laboratoriais de Química e de Geologia do 10º ano do ensino secundário, tendo, portanto, carácter interdisciplinar e permitindo a articulação de conceitos das áreas da Química, Física, Mineralogia e Geologia. Embora sejam, na maioria dos casos, bastante conhecidas, desconhecem-se os seus autores originais. As fichas de trabalhos práticos que aqui se apresentam (Quadros 3-5), foram elaboradas por adaptação de outras, descritas na literatura (Summerlin *et al.*, 1993; 1996).

### **Resumo das Experiências:**

**Parte I- Métodos de cristalização**

**Parte II- Jardim de Sílica e Corrida de Silicatos**

**Parte III- Bolinhas saltitonas-preparação de um polímero inorgânico**

**Parte I- Métodos de cristalização**

As experiências de cristalização que se seguem, permitem ilustrar, de forma imediata, parte dos métodos de cristalização (Quadro 1). A preparação dos minerais sintéticos (processo misto de arrefecimento e evaporação) é demasiado lenta para ser incluída nas experiências interactivas.

## Quadro 1

### *A classificação dos Métodos de Cristalização*

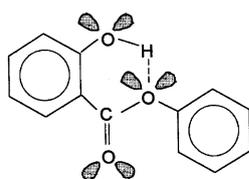
MÉTODOS FÍSICOS	MÉTODOS QUÍMICOS
<b>a. VIA SECA (Mudança de estado)</b>	<b>d. <u>Reacções de oxidação-redução</u></b> (a formação das árvores de metais)
a1. <u>Fusão/solidificação</u>	
a2. Sublimação/deposição ou condensação	<b>e. <u>Reacções de dupla permuta iónica</u></b> <b><u>ou de metátese</u></b> ( iodeto de chumbo)_
<b>b. VIA HÚMIDA (Um ou mais solventes)</b>	<b>f. <u>Reacções de adição</u></b> (formação de sais duplos, alúmenes e schönites, os sais das Rochas Ornamentais, pela adição estequiométrica dos sais simples constituintes)
b1. Remoção do solvente(s)	
b11. <u>Evaporação do(s) solvente(s)</u>	
b12. Congelamento do(s) solvente(s)	
b2. <u>Variação da solubilidade com a temperatura</u>	
b3. <u>Adição de um agente precipitante</u>	
<b>c. PROCESSOS MISTOS</b>	<b>g. Outras reacções não especificadas</b>

*Sublinhado: existem substâncias para as quais a formação de cristais é observável em microscópio ou retroprojector, ao fim de alguns minutos*

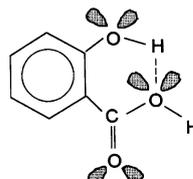
Algumas experiências clássicas foram excluídas, devido à sua morosidade, toxicidade ou dificuldade de transporte das substâncias envolvidas (as sessões interactivas são ideais para laboratórios móveis). Tal é o caso da sublimação do iodo (a2), da observação à lupa de cristais de enxofre formados por dissolução em dissulfureto de carbono (b11) e da fusão deste elemento (a1), que precede a formação de cristais monoclinicos. Como estas experiências são muito conhecidas, facilmente podem ser acrescentadas à lista que aqui apresentamos. As experiências em retroprojector, apesar de muito divulgadas (existe, no Journal of Chemical Education, uma secção permanente para este tipo de experiências) são relativamente pouco

aplicadas no nosso País (Quadro 2). Particularmente interessante é a exploração da molécula de salol, **A**, um dos parentes da aspirina, **C**. A formação de uma única ponte de hidrogénio intramolecular justifica o baixo ponto de fusão ( $T_f$ ), em relação ao de outras substâncias da mesma família, com mais possibilidades de formar este tipo de ligação intermolecular :

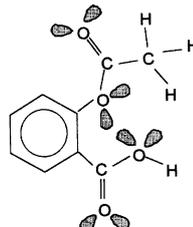
Salol (Salicilato de fenilo)  
 $C_6H_4OHCOOC_6H_5$   
**A**  $T_f = 42\text{ }^\circ\text{C}$



Ácido salicílico  
 $C_6H_4OHCOOH$   
**B**  $T_f = 159\text{ }^\circ\text{C}$



Ácido acetilsalicílico(aspirina)  
 $C_6H_4OCOCH_3COOH$   
**C**  $T_f = 135\text{ }^\circ\text{C}$



## Quadro 2

### *Cuidados a ter nas experiências em retroprojector*

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ideais para aulas teóricas ou teórico-práticas</li> <li>• Sala em semi-obscuridade</li> <li>• Usar sempre óculos de protecção e bata</li> <li>• Proteger sempre com uma folha de acetato transparente o vidro do retroprojector</li> <li>• Evitar o sobreaquecimento do retroprojector ; deve ficar desligado quando não estiver em uso</li> <li>• Excluir reagentes cuja toxicidade possa ser agravada pela libertação de calor e luz da lâmpada</li> <li>• Se não for possível evitar a formação de vapores tóxicos, verificar que não irão afectar a assistência e utilizar máscara de gás (ou suprimir a experiência)</li> <li>• Verificar a estabilidade das substâncias à luz e ao calor da lâmpada do retroprojector, pois isso poderá alterar completamente as condições em relação ao ensaio feito na bancada</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar de preferência todo o material e reagentes num Kit preparado para poder repetir as experiências noutras sessões</li> <li>• Armazenar todas as soluções em frascos contagotas de capacidade apropriada. Evitar solventes volatéis e frascos que possam verter</li> <li>• Soluções perigosas ou instáveis devem ser feitas apenas na altura das experiências</li> <li>• Sempre que possível preferir o plástico ao vidro e usar material descartável</li> <li>• Ao transportar o Kit ter em conta a existência de substâncias que possam reagir entre si se houver um acidente (por exemplo, um frasco contendo sódio deverá ser convenientemente protegido da água, cujo transporte deve ser evitado.</li> <li>• Usar sempre reagentes de muito boa qualidade</li> </ul> |
|--|---|

## Quadro 3

### Ficha Técnica-Métodos de cristalização

*“A Natureza oferece-nos um argumento admirável, e insofismável, para aceitarmos imediatamente que as entidades corpusculares se possam apresentar ordenadamente distribuídas. Essa oferta da Natureza são os **cristais**...Não há dúvida de que a existência de matéria sólida com formas geométricas nos afirma que as entidades corpusculares, nos sólidos, não se dispõem ao acaso mas segundo regras rigorosas que justificam essa esplêndida geometria. Nós não vemos os cristais formarem-se e crescerem na Natureza mas temos que aceitar que algum dia cada um deles iniciou a sua formação e que, pelo tempo fora, foi crescendo. “*

(Rómulo de Carvalho, 1980, p2)

No laboratório com os nossos meios e os devidos cuidados também podemos imitar a Natureza. A observação da formação de crescimento de cristais constitui uma prova excitante da constituição da matéria.

### Material e reagentes

•Óculos de protecção	•Microondas doméstico	•Acetato de sódio trihidratado;
•Bata de algodão	de pequena capacidade	NaCH <sub>3</sub> COO·3H <sub>2</sub> O; sist. monoclinico;
•Esguicho de água	•Retroprojector	Tf = 58°C
•Pipetas descartáveis	•Termómetro digital	•Tiosulfato de sódio pentahidratado;
• Placas de Petri Pyrex	•Lupa binocular	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O (hipossulfito de sódio);
• Balão Pyrex de fundo	• Placa de aquecimento	sist. monoclinico; Tf = 40 °C
redondo com rolha	ou lamparina de álcool	•Salicilato de fenilo (salol); Tf = 42 °C
•Vareta de vidro	• Banho de gelo	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH)COOC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ; sist. trigonal
•Copos de 50 ml (5)	•Placa de zinco	•Glicina; NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH; 1g em 2-3
•Microespátula	•Moeda de cobre	mL de água; sists.monocl. e trigonal;
•Pinça	•Nitrato de prata, AgNO <sub>3</sub>	•Etanol
•Papel absorvente	•Iodeto de potássio, KI	•Rodamina (corante)
•Folha de acetato	•Nitrato de chumbo, Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	•Fluoresceína (corante)

**Recomendações: usar óculos de protecção em permanência e bata de algodão**

### A- Métodos Físicos de Cristalização - Retroprojector e Lupa

1. Deitar 2 ou 3 microespátulas de *tiosulfato de sódio* numa placa de Petri.
  2. Fundir os cristais com o auxílio de uma placa de aquecimento ou lamparina de álcool.
  3. Limpar o fundo da placa com papel absorvente. Acrescentar algumas gotas de água no caso de se observar a desidratação do sal (película esbranquiçada).
  4. Colocar a placa de Petri sobre o vidro do retroprojector, protegido com folha de acetato.
  5. Juntar à solução um cristal " semente " e observar a cristalização ordenada que decorre de imediato. Raspar com a microespátula se necessário (escrever uma letra). Pode repetir o ensaio voltando ao ponto 2, **desde que a semente usada tenha sido da mesma substância.**
  6. Repetir os passos anteriores para o *acetato de sódio* e o *salicilato de fenilo*. No caso do salicilato de fenilo não deitar água (o salol é insolúvel em água).
  7. Preparar num copo uma solução concentrada de *glicina* (ácido aminoacético).
  8. Deitar um pouco desta solução numa placa de Petri.
  9. Colocar a placa sobre o retroprojector (protegido com uma folha de acetato ) e observar a formação de cristais à medida que o solvente se evapora.
  10. Repetir os passos 8 e 9 com uma solução saturada de salol em etanol (1g/6 ml) preparada num copo.
1. Repetir todas as experiências de formação de cristais, suprimindo o retroprojector e observando à lupa.
  2. Repetir os passos anteriores de observação na lupa adicionando um corante, fluoresceína ou rodamina, a cada substância.

### **B-Métodos Físicos de Cristalização -Cristalização em bloco**

1. Encher um balão de vidro limpo e seco, com *acetato de sódio trihidratado* sólido.
2. Aquecer o balão, lentamente, no microondas, até o material ficar completamente liquefeito. Aquecer durante alguns minutos sem levar à ebulição.
3. Parar de aquecer e, com um esguicho de lavagem, deixar escorrer pela parede do balão uma pequena quantidade de água.
4. Rolhar o balão e deixar arrefecer até à temperatura ambiente, de preferência num banho de gelo, rodando-o com muito cuidado.
5. Depois de atingir a temperatura ambiente, retirar a rolha do balão e adicionar com a microespátula um cristal minúsculo de acetato de sódio.
6. Observar o que acontece e registrar.
7. Repetir os passos anteriores com o *salicilato de fenilo*. No caso do salicilato de fenilo não se pode acrescentar água.
8. Repetir os passos anteriores suprimindo a adição do cristal semente e introduzindo no balão a sonda de um termómetro digital.

## C-Métodos Químicos de Cristalização- Observação de reacções à lupa

### Reacções de oxidação-redução (reacções de deslocamento de metais)

“Ao zinco, revestido de cristais de chumbo, chama-se *Árvore de Saturno*. Na Antiguidade, os metais eram relacionados com os planetas, sendo o chumbo associado a Saturno.”

1. Colocar numa placa de Petri um pouco da solução de nitrato de chumbo 0.1 M.
2. Introduzir na solução uma placa de zinco.
3. Observar a placa na lupa, registar e interpretar os resultados, reacção (1) :



4. Colocar numa placa de Petri um pouco da solução de nitrato de prata 0.1 M.
5. Introduzir na solução uma moeda de cobre.
6. Observar na lupa binocular, registar e interpretar os resultados, reacção (2)



### Reacção de dupla permuta iónica

1. Adicionar a uma solução de iodeto de potássio 0.1 M, numa placa de Petri e observando à lupa, uma gota de solução aquosa de nitrato de chumbo.
2. Registar e interpretar os resultados atendendo à seguinte reacção (3)



## PARTE II- Jardim de Sílica e Corrida de Silicatos

A primeira referência na literatura sobre o "jardim de sílica" ou "jardim químico", demonstrando o crescimento tubular de silicatos, perde-se nos tempos e torna-se impossível de localizar, de tão antiga que é esta experiência. No entanto, aqui e além ouvem-se queixas de que alguém não foi capaz de o fazer. Daí a necessidade de descrever a técnica de forma mais detalhada, e com algumas modificações em relação ao processo clássico que, pensamos, são originais (Quadro 4).

### Quadro 4

#### Ficha Técnica-Jardim de sílica e corrida de silicatos

É uma das experiências mais populares em Química. A reacção de cristais de sais metálicos hidratados, numa solução de silicato de sódio, provoca o crescimento rápido de formações tubulares multicoloridas. A osmose regula este fenómeno de precipitação.

**Muitos dos sais usados neste trabalho são nocivos à saúde e a solução de silicato é corrosiva, muito básica. Use óculos de segurança e bata. Utilize luvas e máscara de pós, em casos de exposição prolongada (sais de cobalto, níquel, crómio e uranilo são tóxicos e carcinogénicos).**

### Material e reagentes

- **Método A.** jarra de bocal largo ou frasco de compota transparentes e com tampa. Em alternativa: aquário de vidro. Pedras revestidas de microcristais de sais iónicos (sulfato de níquel, sulfato de cobre, etc.), as experiências falhadas dos minerais sintéticos.
- **Método B.** corrida de silicatos: tubos de ensaio e respectivo suporte **ou** frascos pequenos de injeções, com tampa de cortiça, todos iguais.
- **Método C.** Ensaios complementares de precipitação de silicatos: tubo de ensaio grande.

Óculos de segurança	Tubo plástico para fazer um sifão
Bata	Esguicho de água destilada
Luvas (animadores ou exposição prolongada)	Sais iónicos hidratados de metais solúveis em água (Tabela I)
Máscara de pós « « «	Areia não muito fina
Copo de 500 ml para fazer a solução de silicato	papel absorvente
Pipetas de Pasteur plásticas, descartáveis	Silicato de sódio, solução comercial de densidade 1,33
Medida de volume em plástico (copo de plástico)	Fenolftaleína
Tenaz	Ácido clorídrico 4 M
Microespátula comprida	
Vareta de vidro	

**Tabela I-Reagentes: os compostos usados e suas cores**

		Cor inicial	Cor final
1. Sulfato de cobre hidratado	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	azul forte	azul-claro
Cloreto de cobre hidratado	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	verde	verde-claro
Nitrato de cobre hidratado	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	azul forte	azul-claro
2. Sulfato de níquel hidratado	$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	verde azulado	verde-claro
Cloreto de níquel hidratado	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	verde	verde-claro

Nitrato de níquel hidratado	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	verde	verde-claro
Acetato de níquel hidratado	$\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	verde	verde-claro
3. Sulfato de manganês hidratado	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	rosa pálido	branco e depois castanho muito claro
Cloreto de manganês hidratado	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	rosa	branco e depois castanho muito claro
Nitrato de manganês hidratado	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	rosa	branco e depois castanho muito claro
4. Cloreto ferroso hidratado	$\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	verde-azulado	verde escuro
Sulfato ferroso hidratado	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	verde pálido	verde escuro
Cloreto férrico hidratado	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	laranja	laranja-acastanhado
Nitrato férrico hidratado	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	violeta pálido	laranja-acastanhado
5. Cloreto de crómio(III) hidratado	$\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	violeta muito escuro	verde escuro
Sulfato de crómio(III) hidratado	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	verde escuro	verde escuro
6. Sulfato de cobalto(II) hidratado	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	rosa-avermelhado	azul escuro arroxeadado
Nitrato de cobalto(II) hidratado	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	vermelho	azul escuro arroxeadado
Cloreto de cobalto(II) hidratado	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	rosa avermelhado	azul escuro arroxeadado
Acetato de cobalto(II) hidratado	$\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	vermelho	azul escuro arroxeadado
7. Sulfato de zinco hidratado	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	incolor ou branco	branco
Nitrato de zinco hidratado	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	incolor ou branco	branco
8. Cloreto de estrôncio hidratado	$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	incolor ou branco	branco
9. Sulfato de alumínio hidratado	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	incolor ou branco	branco
Nitrato de alumínio hidratado	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	incolor ou branco	branco
10. Sulfato de magnésio hidratado	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	incolor ou branco	branco
Nitrato de magnésio hidratado	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	incolor ou branco	branco
11. Nitrato de urânio hidratado (tóxico, venenoso, radioactivo!)	$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	amarelo canário	amarelo canário
12. Schönite de cobre e amónio**	$(\text{NH}_4)_2\text{Cu}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	azul turquesa	azul escuro**
13. Schönite de cobalto e amónio**	$(\text{NH}_4)_2\text{Co}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	vermelho	azul cobalto**
14. Acetato de cálcio e cobre(II) hexahidratado**	$\text{CaCu}(\text{CH}_3\text{COO})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	azul escuro	desdobra em azul e branco**

\*grau de hidratação variável; \*\*sal das rochas ornamentais - não forma estalagmites;

### Técnica:

Prepare no copo de 500 ml uma solução stock de silicato de sódio em água com a seguinte composição aproximada: **40g de solução de silicato em 100g de solução** (1 medida de silicato para 2 medidas de água). Misture **muito bem** os dois componentes com a vareta de vidro.

### Método A- O jardim clássico e o jardim *On the rocks*...

1. Coloque no fundo da jarra, aquário ou frasco de compota uma pequena camada de areia, que irá impedir a fixação dos silicatos ao fundo do recipiente, facilitando a sua lavagem posterior.
2. Verta parte da solução preparada para este recipiente, até ficar quase cheio.
3. Vá adicionando com uma microespátula comprida os diversos sais, de forma a que se depositem no fundo do recipiente e não fiquem a boiar na superfície livre da solução.
4. Observe o rápido crescimento de "estalagmites" ou formações tubulares multicolores, a cujo crescimento está sempre associada a formação de uma bolha de ar. Veja como crescem em direcção à superfície livre do líquido.
5. Acrescente ao seu jardim já formado algumas gotas de fenolftaleína. Como a solução de silicato é fortemente básica dá-se o aparecimento da cor carmim do indicador.
6. O jardim "On the Rocks...": se está descontente com o aspecto dos seus "Minerais Sintéticos" pode usá-los como base para o crescimento de silicatos. Antes do ponto 2, coloque os minerais no fundo da jarra com muito cuidado usando uma tenaz e prossiga a técnica. Terá, no final, um jardim com "canteiros" a diversos níveis.

#### **Método B- Mini-jardins e Corrida de Silicatos**

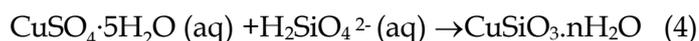
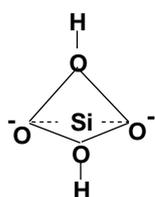
1. Distribua a solução por frascos de injeções ou tubos de ensaio. Rotule cada um e adicione-lhe, com muito cuidado e tomando as precauções do método geral, um cristal de cada um dos reagentes da Tabela I. Para cada metal, compare a velocidade de formação dos silicatos a partir do nitrato, cloreto e sulfato. Como opção, acrescente fenolftaleína.
2. Introduza mais uma variante: coloque no fundo de um frasco de injeções alguns cristais de nitrato de ferro (III) hidratado. Adicione lentamente, contra a parede, a solução de silicato de forma intermitente. Vão-se formando os tentáculos do silicato, com o aparecimento de nódulos nos momentos de espera entre dois vasamentos de solução consecutivos. Resulta com sais de ferro (III) e com o nitrato de cobalto. Observe a variação de cor que ocorre para o nitrato férrico e nitrato de cobalto ao reagir com a solução de silicato (mudam de um tom pardo para castanho alaranjado e de vermelho acastanhado para azul, respectivamente).

**Preservação dos jardins:** aspire toda a solução com uma pipeta de Pasteur ou com um mini-sifão improvisado com o tubo de plástico. Esta operação deve ser feita ao fim de algumas horas após a formação do jardim ou, até, no dia seguinte. Encha depois o recipiente **muito lentamente** com água, com auxílio de uma pipeta e encostando o bordo desta à parede da jarra. Deixe em repouso em local sem vibrações. Com estes cuidados, o tempo de preservação destes "jardins suspensos" é da ordem dos meses.

### Método C- Ensaios complementares de precipitação de silicatos:

Pode reciclar a solução de silicato das experiências anteriores fazendo, à parte, a precipitação dos silicatos dos metais, usando-a conjuntamente com as soluções dos sais destes:

1. Num tubo de ensaio grande, adicione: algumas gotas da solução de silicato de sódio a reciclar; algumas gotas de solução saturada de um sal de cobre da Tabela I. Espere alguns minutos, observando a precipitação do silicato de cor azul pálido, reacção (4):
2. Continue, repetindo estas duas adições para outros sais metálicos: alumínio (branco); adicione algumas gotas de fenolftaleína (carmim); continue com níquel (verde); estrôncio(branco); fenolftaleína; ferro (III) (laranja); etc.. Obterá os vários silicatos multicolores em diversas camadas, alternando os brancos com faixas carmim resultantes da viragem do indicador. Faça as várias precipitações com intervalos de cerca de quinze minutos a meia-hora, de contrário misturar-se-ão as várias camadas.
3. Num tubo de ensaio à parte, adicione a cerca de 1 ml de solução de silicato, algumas gotas de HCl 4M. Observará a precipitação de sílica amorfa, de cor branca (reacção 5).



$\text{H}_2\text{SiO}_4^{2-}$  é a espécie predominante na solução de silicato de sódio.

### Discussão dos resultados

O mecanismo de formação do jardim encontra-se condensado na Figura 1. Logo que o cristal  $\text{MX} \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (**1**) é introduzido na solução, inicia-se a sua dissolução. Segue-se a precipitação do respectivo silicato,  $\text{MSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (exemplificado em **2** para um metal divalente) na forma de um gel, que, de imediato, forma um invólucro à volta do cristal. Através desta membrana coloidal semi-permeável inicia-se um fenómeno de osmose: a água e os iões  $\text{OH}^-$  (o meio é fortemente básico) passam para o interior, numa tentativa de baixar a concentração dos iões metálicos. A presença do cristal, porém, contraria este efeito e a continuação da sua dissolução acarreta um aumento da pressão provocando a ruptura da membrana. O fluido do interior espalha-se através

destes canais (3), propagando a formação do gel e levando ao crescimento rápido de formações tubulares que caminham para a superfície livre do líquido, com uma pequena bolha de ar na ponta. A constituição desta membrana é muito complexa: do lado exterior será rica em silicato do metal, enquanto que os hidróxidos desse mesmo metal se formarão, de preferência, do lado interior. A bolha é provavelmente devida à formação de uma lacuna, no seio da solução de silicato, para onde migra o ar dissolvido na solução, devido à precipitação de sais de densidade superior à da solução (silicato e hidróxido do metal), o que leva a uma diminuição de volume, criando um espaço vazio. No entanto, o mecanismo associado à sua formação está ainda longe de ser totalmente esclarecido e alguns autores afirmam que a precipitação no sentido ascendente se deve a uma diminuição de densidade dos precipitados formados.

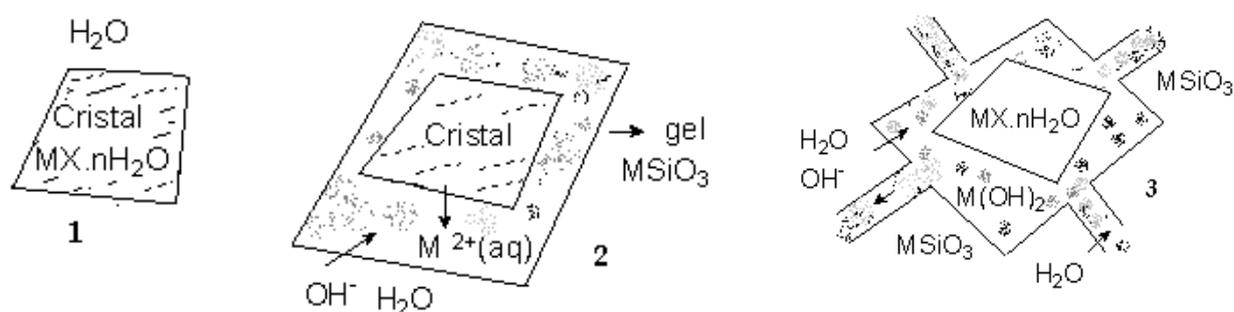


Figura 1- O mecanismo de formação do jardim de sílica.

As formações tubulares não têm estrutura interna organizada, ou seja, não são propriamente cristais: para que a sílica ou os silicatos se apresentem cristalinos é necessário que a precipitação seja muito lenta, o que não acontece em nenhuma destas experiências.

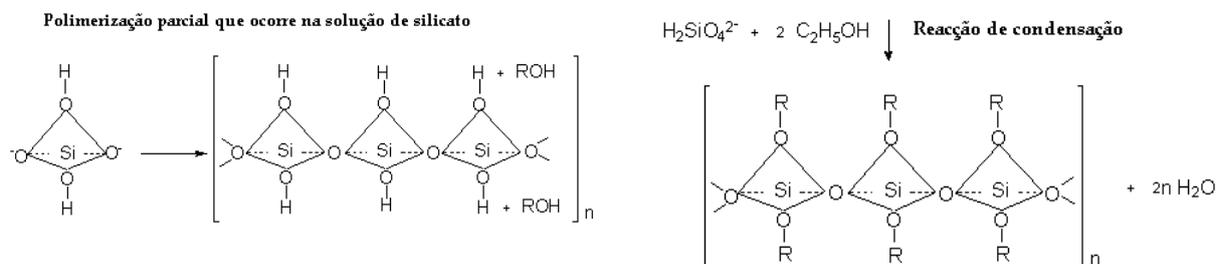
Use cristais de tamanho médio ou pequeno que se possam depositar no fundo por gravidade. O pó microcristalino terá tendência para se espalhar à superfície e, se isso acontecer, costuma formar-se um "tampão" ou crosta multi-colorida que poderá posteriormente cair sobre os cristais formados no fundo, destruindo-os. Esta crosta, em recipientes estreitos, tais como os frascos de injeções e os tubos de ensaio, funciona como uma espécie de "rolha".

A corrida dos silicatos é sempre ganha pelos nitratos, provavelmente devido ao seu carácter deliquescente que facilita a formação do gel. A seguir aos nitratos ficam os cloretos, também provavelmente com os mais deliquescentes à frente (sais de Fe(II) e Fe(III)). No final aparecem os sulfatos, como "lanterna vermelha", pois são sempre os mais atrasados. Os sais de alumínio têm tendência a formar uma nuvem branca que se espalha, perturbando a visualização do jardim. Não é, portanto, aconselhável, a sua utilização. Provavelmente, o hidróxido anfotérico vai-se transformando gradualmente em tetrahidroxoaluminato de sódio,  $\text{NaAl(OH)}_4$ , que se vai difundindo na solução. O mesmo acontece com os sais de zinco, embora em menor extensão. Os alúmenes de potássio, crómio e ferro são lentos e o aspecto final é "tenebroso". Não devem ser usados complexos, nem sais anidros. Embora a projecção do crescimento do jardim em retroprojector venha referida na literatura, ela só resulta parcialmente para o nitrato férrico, cloreto férrico e cloreto ferroso. Pode-se observar a formação do gel e a sua ruptura, mas sem grande espectacularidade.

### **Parte III- Bolinhas saltitonas-preparação de um polímero inorgânico**

A adição de etanol a uma solução de silicato de sódio comercial desencadeia uma reacção de condensação de que resulta um polímero saltitão com propriedades

parecidas com as da borracha. À medida que se vão formando as cadeias deste polímero, torna-se visível a libertação de água que facilita a moldagem final. Para colorir as bolinhas podem-se utilizar indicadores (o meio é fortemente básico) e corantes alimentares. A preparação descreve-se no Quadro 5.



## Quadro 5

### Ficha Técnica-Bola saltitona, um polímero inorgânico

#### Material e Reagentes

Óculos	Parafilme	Copos de plástico	Solução de silicato de sódio comercial
Bata	Espátula	Proveta	Corantes alimentares
Luvas descartáveis	Etanol	Papel absorvente	Fenolftaleína e outros indicadores

#### Técnica

- 1- Tome precauções, use óculos e luvas, pois a solução de silicato é básica e muito corrosiva.
- 2- Meça 20 ml de solução de silicato de sódio para um copo de papel e adicione 5 a 10 ml de etanol.
- 3- Com uma vareta ou espátula agite, com um movimento circular, até que se forme um produto sólido.
- 4- Coloque o polímero na palma da mão e pressione com a palma da outra mão, até conseguir obter uma bola esférica que não se desagregue.
- 5- Acrescente algumas gotas de fenolftaleína para colorir ou adicione um corante alimentar. Seja paciente. Descubra uma técnica! Humedeça a bola ocasionalmente.

**Teste a bola!! ...mas use sempre luvas!**

#### Agradecemos:

Ao Ministério da Ciência e da Tecnologia os financiamentos pelos Programas Ciência Viva I (P046-96/97) e II (PII-147-97/98). Ao Ministério da Educação, Programa PRODEP II-FOCO, 96/97, as oito acções de formação sobre este tema. A Dulce Figueira, a apresentação pública destes trabalhos. À Doutora Maria José Afonso a colaboração na preparação do polímero. A Antonieta Santana o auxílio na execução de alguns desenhos.

### **Referências Bibliográficas:**

- Teixeira, C. (1998). Rochas Ornamentais e Minerais Sintéticos -Aplicações no ensino. (Artigo anterior, neste mesmo volume de Actas; todas as referências aí citadas e, em especial, o manual de experiências dos cursos FOCO).
- Teixeira\*, C. , Rodrigues, M. J. , Matos, S. , Lourenço, N. , Silva, I. , Silvério, M. C. , Coelho, M. F. , Gomes, A. A. , Morais, A. M. , Soares, M. F. , Libânio, G. L. (1997). *As Rochas Ornamentais e Os Minerais Sintéticos, Documentário-Escolas, Vídeo nº 3*, Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Summerlin, L. R., Ealy, Jr., J. L. (1993). *Demonstrações de Química*, vol.1, 2ª ed.. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Química.
- Summerlin, L. R., Borgford, C. L., Ealy, Jr., J. L. (1996). *Demonstrações de Química*, vol.2, 2ªed.. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Química.
- Carvalho, R. (1980). *A Estrutura Cristalina, Cadernos de Iniciação Científica*, Lisboa: Sá da Costa.