



DEQ
DEPARTAMENTO
DE ENGENHARIA QUÍMICA
TÉCNICO LISBOA



NEQIST
NÚCLEO DE ENGENHARIA QUÍMICA
DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO



Laboratórios *Abertos Online*

22-27 Fevereiro 2021

Laboratórios Abertos *Online* 2021

Editado por:

Departamento de Engenharia Química
Instituto Superior Técnico

Edição de:

Vasco Bonifácio, Dulce Simão

Com a colaboração de:

Núcleo de Engenharia Química



Fevereiro 2021

ISBN: 978-989-99508-8-7

Índice

Índice	3
Programa Seniores/Juniores	4
Experiências Laboratoriais	4
Palestra Juniores	6
Programa Kids	6
Prefácio	7
Palestras	8
<i>Plástico ou não plástico? Eis a questão...</i>	9
<i>E se eu te disser que podes carregar o teu telemóvel em 30 segundos, achas possível?</i>	13
<i>A Química & dependência de drogas</i>	19
<i>Moléculas, materiais e seres luminosos</i>	25
<i>Quando o chão nos foge debaixo dos pés. Efeito das alterações climáticas nos solos do Ártico</i>	30
<i>Amor & Química: Uma visão sobre a Hipótese Psicoquímica</i>	36
<i>Porque é que as moléculas gostam de namorar em espaços apertados?</i>	44
<i>O que é o “Hidrogénio Verde? - como a Eletroquímica contribui para um Futuro sustentável”</i>	49
<i>O que faz um Engenheiro Químico</i>	59
<i>Uma viagem luminosa</i>	62
Experiências Online	68
<i>Missão: Congelar!</i>	68
<i>Impossível? A Química Explica!</i>	71
<i>Eu ❤️ Química Orgânica</i>	80
<i>Uma visão da Engenharia Química</i>	98
<i>Esterilização: uma arma contra o inimigo invisível</i>	105
Exposição Virtual	113
Equipa	286
Escolas Participantes	289

Programa Seniores/Juniores

10:00 – 10:30h	Palestra
10:45 - 12:00h	Experiências laboratoriais
14:00 – 14:30h	Palestra
14:45 - 16:00h	Experiências laboratoriais

Palestras Seniores

22/2 2ª F	14:00-14:30h	Plástico ou não plástico? Eis a questão... Ana Clara Marques, DEQ, IST
23/2 3ª F	10:00-10:30h	E se eu te disser que podes carregar o teu telemóvel em 30 segundos? Fátima Montemor, DEQ, IST
	14:00-14:30h	O que é o “Hidrogénio” verde? Alda Simões, DEQ, IST
24/2 4ª F	10:00-10:30h	Química & dependência de drogas Alexandra Antunes, CQE, IST
	14:00-14:30h	Moléculas, materiais e seres luminosos Manuel Prieto & Mário Berberan, DEQ, IST
25/2 5ª F	10:00-10:30h	Quando o chão nos foge debaixo dos pés. Efeito das alterações climáticas nos solos do Ártico João Canário, DEQ, IST
	14:00-14:30h	Amor & Química Uma visão sobre a Hipótese Psicoquímica João Paulo Telo, DEQ, IST
26/2 6ª F	10:00-10:30h	Porque é que as moléculas gostam de namorar em espaços apertados? Moisés Pinto, DEQ, IST
	14:00-14:30h	O que faz um Engenheiro Químico Sebastião Alves, DEQ, IST

Experiências Laboratoriais

- Missão: congelar!
- Impossível? A Química Explica!
- Eu ❤️ Química Orgânica
- Uma visão da Engenharia Química
- Esterilização: uma arma contra o inimigo invisível

Palestra Juniores



Programa Kids

22/2
11-12h

Porque
brilham os
pirilampus?

Vasco D.B. Bonifácio
Instituto Bioengenharia e Biociências



Prefácio

O livro dos Laboratórios Abertos *Online* 2021 reúne o conjunto de palestras, experiências e exposição que decorrem na primeira edição *online* durante a semana de 22 a 26 de Fevereiro de 2021.

Esta iniciativa permitiu, em tempo de restrições impostas pela pandemia COVID-19, dar continuidade às ações de divulgação de Ciência e Tecnologia do Departamento de Engenharia Química do Instituto Superior Técnico, tendo contado com a participação de 33 escolas, envolvendo cerca de 2800 alunos e professores do ensino secundário e básico, de norte a sul do país. Um número *record* de participações proporcionado pelo formato *online* usando a plataforma *Zoom*.

As palestras foram distribuídas em diferentes programas, especialmente desenhados para alunos do 1º ciclo do ensino básico, programa *Kids*, para alunos dos 2º e 3º ciclo que assistiram ao programa *Juniores*, e também para alunos do ensino secundário com o programa *Seniores*. Também foi disponibilizado um módulo com experiências laboratoriais. A gravação das palestras e os vídeos dos módulos experimentais podem ser visualizados em <https://educast.fcn.pt/vod/channels/szjw7ixrj?locale=pt>.

Durante a edição online decorreu uma exposição virtual, a qual se encontra e disponível a título permanente no *website* dos Laboratórios Abertos em <http://deq-la.tecnico.ulisboa.pt>.

As atividades foram dinamizadas com a colaboração de Docentes, Não-Docentes e Estudantes do Núcleo de estudantes do Instituto Superior Técnico (NEQIST).

Palestras

As palestras que se seguem foram apresentadas aos alunos do ensino secundário. Foram escolhidos oradores e temas relacionados com alguma da Ciência que se faz no Instituto Superior Técnico e que pudessem também despertar nestes jovens o interesse pela ciência, pela tecnologia e pela investigação, fundamentais para a construção da sociedade do futuro, mais resiliente e apta a resolver problemas e a encontrar soluções.

Plástico ou não plástico? Eis a questão...

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/13idudsw72/streaming.html?locale=pt>

Ana C. Marques

Centro de Recursos Naturais e Ambiente (CERENA), Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal

Resíduos plásticos: Um desafio global

A produção de resíduos sólidos derivada do crescimento económico, incluindo os resíduos plásticos, tornou-se um problema, cuja solução é um desafio global. Muito em parte devido à pressão da comunicação social, tem-se gerado um fenómeno, relacionado com uma reação emocional contra os produtos plásticos, recentemente denominado de plastifobia. Mas, se por um lado existe um consumo excessivo de plásticos aliado a uma inadaptaada gestão de resíduos, por outro lado existem vários exemplos em como os plásticos assumem um papel de liderança em termos de segurança alimentar, de saúde, de poupança de combustível e energética, e mesmo de sustentabilidade ambiental.

Plásticos são polímeros na sua forma final. Polímeros consistem em longas cadeias moleculares formadas por monómeros, pequenas unidades moleculares de repetição, unidas entre si por ligações covalentes. Frequentemente o número dessas unidades repetitivas atinge os milhares. Em alguns casos, as cadeias são lineares, com ou sem ramificações, unidas entre si por ligações secundárias, e noutros, as cadeias unem-se entre si também por pontos de reticulação, ligações covalentes, criando uma estrutura tridimensional e perdendo a capacidade de fusão com a aplicação de temperatura. Neste caso, o material resultante poderá apresentar grandes benefícios, como maior resistência mecânica, térmica e química, mas a sua incapacidade de fusão dificulta a sua reciclagem!... Os engenheiros e cientistas especializados neste tópico são fundamentais no desenvolvimento de novas técnicas de reciclagem que permitam a reciclagem sustentável destes polímeros, bem como de novas estratégias para melhorar a qualidade dos produtos reciclados.

Independentemente da sua origem (fóssil ou natural), certos polímeros podem ser biodegradáveis, ou seja, desde que identificados e recolhidos devidamente, poderão ser tratados juntamente com matéria orgânica e desta forma sofrer biodegradação e/ou compostagem.

Estudos recentes propõem que a solução mais favorável para a eliminação de resíduos plásticos (Figura 1) é a combinação de práticas de prevenção e minimização do uso de plásticos, especialmente os de utilização única, a sua reutilização e a biodegradação. Para isso é necessário o *design* de polímeros que sejam mais degradáveis em múltiplos ambientes, incluindo compostagem doméstica, e uma gestão eficiente dos resíduos plásticos. As políticas futuras deverão visar a produção e consumo responsável, sendo que os plásticos biodegradáveis são parte dessa responsabilidade [1].

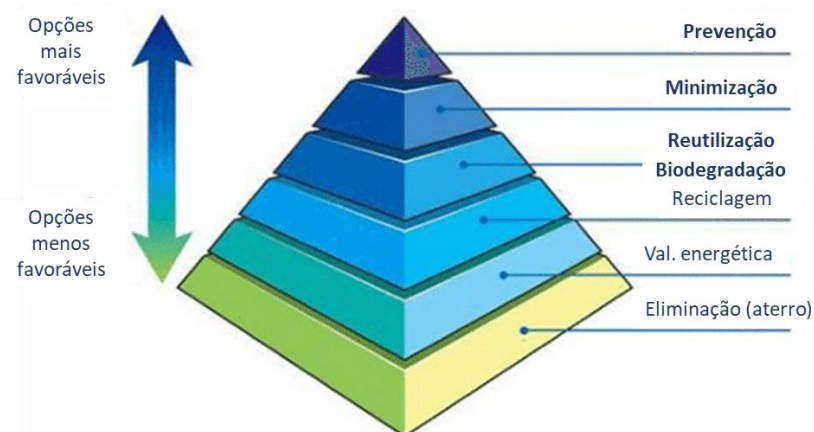


Figura 1 – Hierarquia recomendada na gestão de resíduos plásticos.

No *design* de produtos para aplicações de uso único, ao passar a utilizar plásticos biodegradáveis com o objectivo de reduzir a acumulação de resíduos, torna-se essencial ter em conta as opções de gestão desses plásticos no seu fim de vida e perceber em que condições (tempo, temperatura, ambiente) atingem uma biodegradabilidade completa. Estima-se que o mercado global de plásticos biodegradáveis duplique no período de 2020 a 2027 (de 2.9 biliões de euros a 6.2 biliões de euros) [2], com maior prevalência para o amido, ácido poliláctico (PLA) e polihidroxialcanoato (PHA), e um notável aumento da produção a nível global deste último em *ca.* 6 vezes [1].

Resíduos plásticos: uma oportunidade para novos negócios e uma nova fonte de carbono para produtos de valor acrescentado

Apesar de problemática, a existência de resíduos plásticos pode ser vista como impulsionadora para o desenvolvimento de novas tecnologias de reciclagem, de novas abordagens de gestão de resíduos, de materiais eco-inovadores e de novos hábitos e práticas de sustentabilidade.

Universidades como o Técnico já contemplam na formação dos seus alunos, projetos multidisciplinares e trabalhos laboratoriais com foco no conceito de Economia Circular e ciclo de vida de produtos plásticos. Como exemplo, temos o laboratório *Hands-on Polymers* [3] que reúne uma série de equipamentos de processamento e de caracterização de polímeros, onde o efeito da reciclagem de plásticos poderá ser avaliado e otimizado. A investigação realizada no Técnico contempla também inúmeros projetos de desenvolvimento de materiais poliméricos eco-inovadores e novos processos de reciclagem, valorização energética e conversão de resíduos plásticos em produtos de valor acrescentado (*up-cycling*).

De facto, as estratégias de I&D mais recentes e promissoras de gestão de resíduos plásticos de origem fóssil têm por foco o *up-cycling*, nomeadamente a sua conversão em biopolímeros biodegradáveis, e a entrada em novos mercados. Estão em curso estratégias de bioprospecção para o isolamento de microorganismos capazes de assimilar plásticos recalcitrantes, com o objetivo de implementar atividades biológicas de *up-cycling* a partir dos resíduos plásticos. Um exemplo, é o processo químico de pirólise, que converte resíduos plásticos (*e.g.* o politereftalato de etileno, PET, plástico comum das garrafas) num óleo, sendo 70% deste óleo aplicado como combustível ou aditivo de combustíveis, e 30%, convertido através do método de fermentação (microbiologia), num bioplástico, biodegradável, como por exemplo o PHA [4] que é um termoplástico, possível de ser utilizado na produção de filmes, laminados, tecidos e adesivos. Este tipo de processos e materiais obtidos poderão ser uma alternativa viável para a substituição de plásticos de elevada durabilidade em aplicações onde não haja a necessidade para tal, contribuindo assim para a eliminação de resíduos plásticos e promovendo a sustentabilidade.

Em linha com as estratégias de biodegradação e de bioprospeção, a gestão de resíduos plásticos precisa de ser normalizada e regulamentada por entidades reguladoras governamentais e tida em conta no *design* de produtos. O pânico que por vezes surge pela comunicação social e se instala na sociedade poderá então ser substituído por uma nova visão de que novas oportunidades de negócio certamente surgirão para a resolução deste desafio global que são os resíduos plásticos.

Referências

- [1] T. Narancic, F. Cerrone, N. Beagan, K.E. O'Connor, Recent advances in bioplastics: Application and biodegradation, *Polymers* **2020**, 12, 920.
- [2] Biodegradable plastic market size, share & trends analysis report.
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biodegradable-plastics-market> (acedido em 27/02/2021).
- [3] <http://handsonpolymers.tecnico.ulisboa.pt> (acedido em 27/02/2021).
- [4] S. Kenny, J. NikodinovicRunic, W. Kaminsky, T. Woods, R. Babu, K. Keely, W. Blau, K. OConnor, Up-cycling of PET (Polyethylene Terephthalate) to the biodegradable plastic PHA (Polyhydroxyalkanoate), *Environ. Sci. Technol.* **2008**, 42(20), 7696-7701.

E se eu te disser que podes carregar o teu telemóvel em 30 segundos, achas possível?

<https://educast.fcn.pt/vod/clips/10e4z17mte/streaming.html?locale=pt>

Maria de Fátima Montemor

Centro de Química Estrutural (CQE), Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Carregar o telemóvel, ou o computador em 30 segundos? Isso era muito bom. Sempre que precisamos de carregar o telemóvel, ou o computador é preciso encontrar uma tomada elétrica disponível e demora sempre umas horas. E depois, o complicado, é que é preciso esperar! O ideal seria mesmo ligar o carregador, esperar 30 segundos e já está. Será possível? Talvez seja, mas para isso precisamos de fazer muita investigação científica e conseguir construir um dispositivo de carga que funcione nessas condições. Isto é complexo, requer equipas muito fortes, financiamento e pode demorar alguns anos até conseguirmos desenvolver um protótipo. Mas é um objetivo ambicioso e estamos a trabalhar no sentido de o concretizar.

Armazenar energia: Como se consegue?

Armazenar energia é uma atividade corrente no nosso dia-a-dia. Quase que não damos por isso, mas o nosso telemóvel, *iPhone*, computador e outros equipamentos de que tanto gostamos e que achamos imprescindíveis na nossa vida, precisam de um dispositivo de armazenamento de energia para funcionar. Sem esse dispositivo, nada feito.

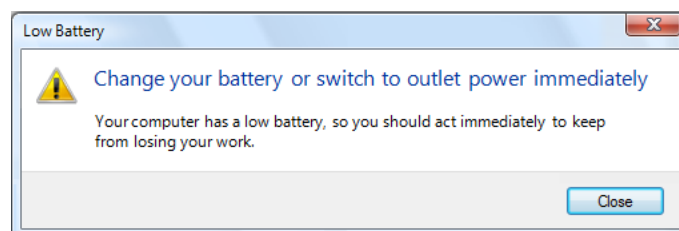


Figura 1 – A mensagem de que nada gostamos! Ooops, será que vou conseguir acabar de escrever este texto?

Hoje em dia existem dois dispositivos muito importantes para armazenar energia: as baterias e os supercondensadores.

- Baterias: são dispositivos que convertem energia química em energia elétrica. As baterias mais importantes hoje em dia, como as que temos no nosso telemóvel ou no computador, são as baterias de íão lítio. Estas baterias armazenam bastante carga e conseguem fornecer energia durante várias horas ou mesmo dias, mas demoram algumas horas a carregar completamente. Existem outras baterias, como as de chumbo, que estão em todos os carros e que comparativamente às baterias de lítio armazenam menos carga e demoram mais tempo a carregar. Em geral as baterias fornecem muita energia, mas demoram algumas horas a carregar.
- Supercondensadores: são dispositivos que carregam nalguns segundos ou poucos minutos, mas que armazenam pouca energia. Conseguem é receber e fornecer energia num curto intervalo de tempo, razão pela qual são dispositivos que possuem elevada potência. Existem dois tipos de supercondensadores: os puramente electrostáticos que funcionam graças a processos físicos reversíveis e que armazenam muito pouca energia e os supercondensadores redox que envolvem reações químicas no processo e conseguem desse modo armazenar uma maior quantidade de energia.

Tanto as baterias como os supercondensadores redox são classificados como dispositivos de armazenamento de energia por via eletroquímica e quando são carregados convertem a energia elétrica em energia química que armazenam nos seus elétrodos. Depois, quando descarregam, convertem a energia química de novo em energia elétrica. Na prática estes dispositivos fornecem energia graças a reações químicas reversíveis que ocorrem nos materiais que se encontram nos seus elétrodos.

Muitas vezes as baterias e os supercondensadores são utilizados em conjunto pois as baterias asseguram a carga de que necessitamos para o funcionamento regular dos dispositivos eletrónicos enquanto os supercondensadores asseguram certas funcionalidades, como por exemplo o flash para as fotografias ou certas funções de iluminação ou áudio, que exigem que a energia seja fornecida rapidamente. Para além disso os supercondensadores protegem as baterias face a picos de potência.

Para caracterizar um dispositivo de armazenamento de energia é preciso conhecer a sua densidade de energia, que representa a quantidade de energia por unidade de volume que se

consegue armazenar nesse dispositivo e a densidade de potência que representa a potência disponível por unidade de volume. Os dispositivos eletrônicos modernos requerem uma densidade de energia elevada para funcionarem durante muito tempo, mas acontece que certas funções requerem que a energia seja fornecida muito rapidamente, ou seja necessitam de uma densidade de potência elevada.

Outro parâmetro muito importante na caracterização de dispositivo de armazenamento de energia por via eletroquímica é o número de cargas e descargas que estes dispositivos conseguem suportar. Em geral as baterias vão perdendo capacidade à medida que vão sendo carregadas e descarregadas e a bateria vai ficando cada vez mais “fraca”. Com o tempo os elétrodos da bateria degradam-se, sendo necessárias cargas mais frequentes.

Os supercondensadores eletrostáticos e do tipo redox podem ser carregados e descarregados milhares de vezes com perdas de capacidade em geral muito pequenas. Embora também se degradem com o tempo, a sua durabilidade é francamente superior à das baterias.

Na prática as baterias e os supercondensadores possuem características distintas, mas que se complementam. Hoje em dia muitos dos nossos equipamentos eletrônicos utilizam baterias e supercondensadores para beneficiarem das propriedades mais vantajosas de cada um deles. Por exemplo, muitos dos *iphones* modernos utilizam uma bateria que assegura o funcionamento regular do equipamento e um conjunto de supercondensadores que asseguram várias funcionalidades como por exemplo o áudio, lanterna e os LEDs do flash. Esta combinação ajuda também a carregar mais depressa e permite otimizar o funcionamento do nosso equipamento eletrônico, mas ainda assim a bateria requer tempos de carga relativamente longos.

No IST fazemos muito trabalho de investigação e desenvolvimento no sentido de criar novos supercondensadores redox que consigam armazenar mais energia e também carregar mais depressa. Queremos que o processo de armazenamento de energia seja mais rápido, mais simples, mais eficiente e também mais seguro e amigo do ambiente. Este trabalho de investigação visa encontrar soluções para algumas das nossas preocupações: aumentar o tempo de vida dos dispositivos de armazenamento de energia, carregar o nosso equipamento mais depressa, assegurar que a carga dura mais tempo e que nada falha no nosso telemóvel quando usamos a câmara, fazemos um vídeo, tiramos uma foto, jogamos ou ouvimos música.

Mas afinal como podemos carregar mais depressa?

Os componentes essenciais num supercondensador são: os elétrodos, o eletrólito e o separador. Os elétrodos são constituídos por uma folha metálica muito fina, que assegura a circulação da corrente elétrica, e que se encontra recoberta por materiais nanoestruturados, condutores e electroquimicamente ativos que convertem a energia química em energia elétrica e vice-versa. São estes materiais de eletrodo que armazenam a energia e é neles que se encontra a chave para se conseguir armazenar mais em energia em menos tempo. Quer nas baterias quer nos supercondensadores existem sempre 2 elétrodos: o positivo e o negativo, separados por um separador e em contacto com o eletrólito que deve possuir boa condutividade iónica. Este conjunto denomina-se célula eletroquímica e estas células podem ser combinadas em série ou em paralelo de modo a aumentar a voltagem e a corrente. No final obtém-se o dispositivo que consegue armazenar energia e que é caracterizado por uma dada voltagem e capacidade - ver Figura 2.

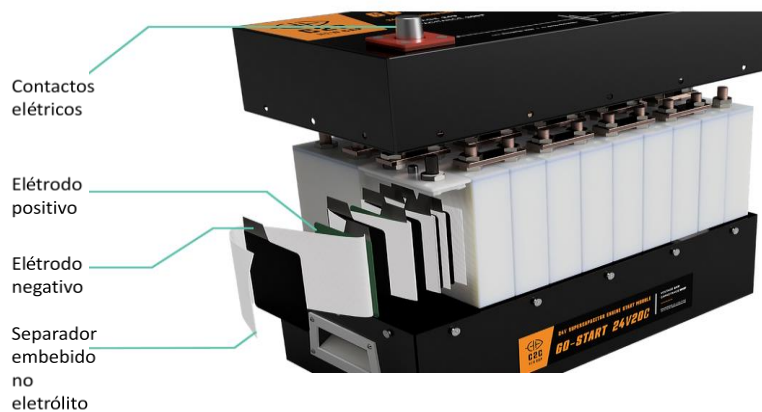


Figura 2 – Esquema de um supercondensador redox (adaptado de C2Cnewcap.com).

No IST temos vindo a desenvolver novos materiais para os elétrodos dos supercondensadores. Esses materiais são baseados em óxidos metálicos não tóxicos e abundantes na natureza (como por exemplo o óxido de manganês ou de níquel) e que conseguem armazenar carga em eletrólitos aquosos, neutros e sem toxicidade. Por vezes, para aumentar a capacidade destes materiais e a sua durabilidade utilizamos materiais à base de carbono, como o grafeno. O nosso objetivo é conseguir armazenar uma maior quantidade de energia e conseguir carregar os elétrodos num curto espaço de tempo.

Na Figura 3 estão representadas algumas imagens dos materiais desenhados, produzidos e testados no IST como elétrodos para armazenamento de energia.

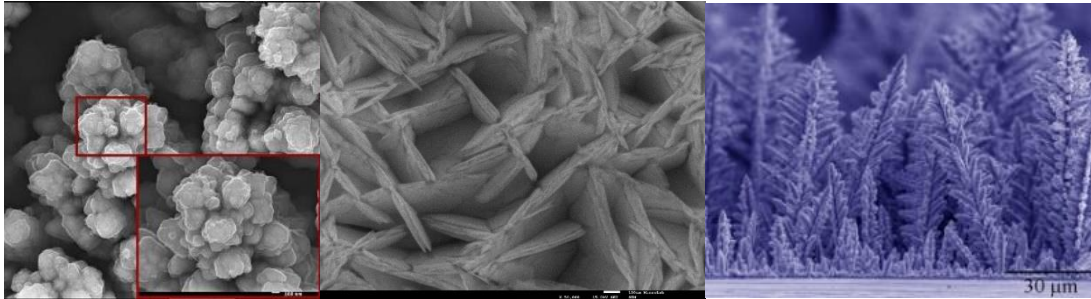


Figura 3 – Imagens de microscopia eletrónica de varrimento de alguns materiais produzidos no IST: Espumas funcionalizadas com MnOx, nanoflocos de MnS e dendrites de Níquel e que são usados em elétrodos positivos.

Os óxidos, hidróxidos e sulfuretos de metais de transição possuem vários estados de oxidação e conseguem ser oxidados e reduzidos, de forma reversível, gerando ou consumindo eletrões nesses processos. Quando estes materiais são oxidados, produzem de forma espontânea eletrões (ou seja, descarregam) e conseguem assim converter a energia química na energia elétrica necessária para alimentar o nosso equipamento. Quando o material fica “descarregado” deixa de conseguir fornecer energia. Pode-se então começar a carregar, fornecendo-lhe energia a partir de uma fonte externa. Nesta situação o material de elétrodo reduz-se de modo a armazenar, sob a forma de energia química, a energia elétrica que lhe está a ser fornecida. Quando o material está totalmente reduzido fica então carregado e pronto a usar. Este processo pode-se repetir por alguns milhares de ciclos.

Estes materiais podem ser utilizados para construir dispositivos de armazenamento de energia, os supercondensadores redox, que carregam bem mais depressa que uma bateria convencional e que conseguem armazenar uma quantidade de energia suficiente para fazer funcionar um equipamento eletrónico ou um motor elétrico durante algum tempo.

Os materiais de elétrodo à base de compostos metálicos podem ser projetados e produzidos de modo a combinar misturas de vários compostos metálicos distintos, com morfologias e estruturas muito distintas, conseguindo-se assim maximizar a sua capacidade de armazenamento de carga. Podemos ainda combinar estes compostos metálicos com materiais não metálicos, como nanoespumas de carbono ou grafeno, que permitem aumentar bastante

a densidade de potência do dispositivo de armazenamento de energia e diminuir significativamente (para alguns minutos) o tempo de carga.

Estamos assim no bom caminho, isto é, conseguimos carregar em poucos minutos um dispositivo que nos fornece energia durante algum tempo. Ainda não conseguimos carregar o telemóvel em 30 segundos, mas vamos no bom caminho. Existem muitos laboratórios a trabalhar nesta direção e, com o esforço de todos, carregar o telemóvel em muito pouco tempo pode tornar-se uma realidade em breve.

Todos os materiais e compostos químicos utilizadas para a produção e funcionamento destes materiais são amigos do ambiente e não envolvem espécies químicas ou solventes que causem danos à saúde humana ou ao ambiente. Contribuímos assim para uma nova geração de dispositivos de armazenamento de energia baseados numa química verde e sustentável.

A Química & dependência de drogas

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/1d95ka1ybx/streaming.html?locale=pt>

Alexandra M. M. Antunes

Centro de Química Estrutural (CQE), Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

A dependência de drogas é considerada uma doença crónica, caracterizada pelas consequências físicas e mentais trazidas pelo uso continuado e compulsivo de substâncias nocivas ao organismo. Estas substâncias podem ser legais (como a nicotina presente no tabaco e o álcool) ou ilegais (como a cocaína ou os canabinóides) e, do ponto de vista estrutural, são moléculas muito distintas (Figura 1). No entanto, têm em comum o facto de serem substâncias psicoativas: afetam estados mentais como a consciência, o humor, a cognição e os afetos.

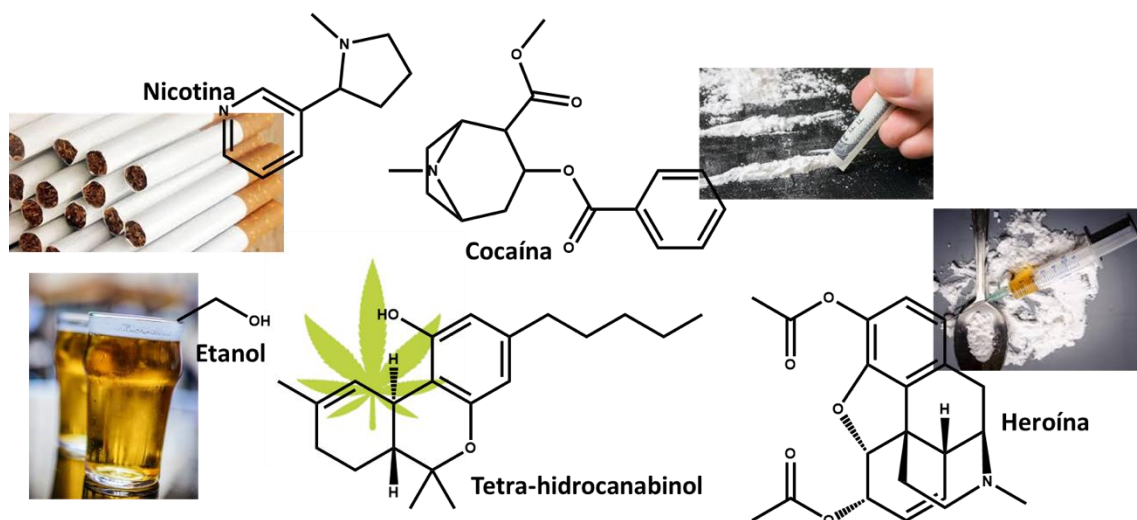


Figura 1 – Estrutura de substâncias psicoativas legais (como o etanol e a nicotina) e ilegais (como a cocaína, a heroína e o tetra-hidrocanabinol, um dos principais componentes da canábis).

Embora as substâncias psicoativas sejam utilizadas com a esperança de se beneficiar do seu uso, seja por prazer ou para evitar a dor, ou mesmo para que socialmente se tenha a sensação de integração num grupo, a verdade é que o consumo destas substâncias também traz consigo problemas de saúde e sociais graves, seja a curto ou a longo prazo. Nomeadamente, não se deverá esquecer que o uso/abuso de drogas é uma causa reconhecida de mortalidade

evitável, estimando-se que pelo menos 8 300 mortes por overdose, envolvendo drogas ilegais, tenham ocorrido em 2018 na União Europeia [1].

Como é que as substâncias psicoativas atuam?

Muito embora as diferentes substâncias psicoativas tenham diferentes modos de ação no cérebro para produzir os seus efeitos, de uma forma geral todas afetam a concentração de neurotransmissores como a dopamina ou a serotonina. Estas moléculas são mensageiros químicos que existem no nosso organismo e que são utilizadas para transmitir mensagens entre os neurónios ou entre neurónios e outras células do nosso corpo. Os neurotransmissores desempenham um papel fundamental no funcionamento do cérebro e controlam várias condições fisiológicas que afetam a vida diária, como a aprendizagem, a memória, o sono, a consciência, o humor e a regulação de tónus muscular e da frequência cardíaca e pressão arterial. Variações na produção e absorção destes mensageiros químicos podem levar a vários distúrbios mentais e físicos, como as Doenças de Alzheimer e de Parkinson, esquizofrenia, epilepsia e insuficiência cardíaca.

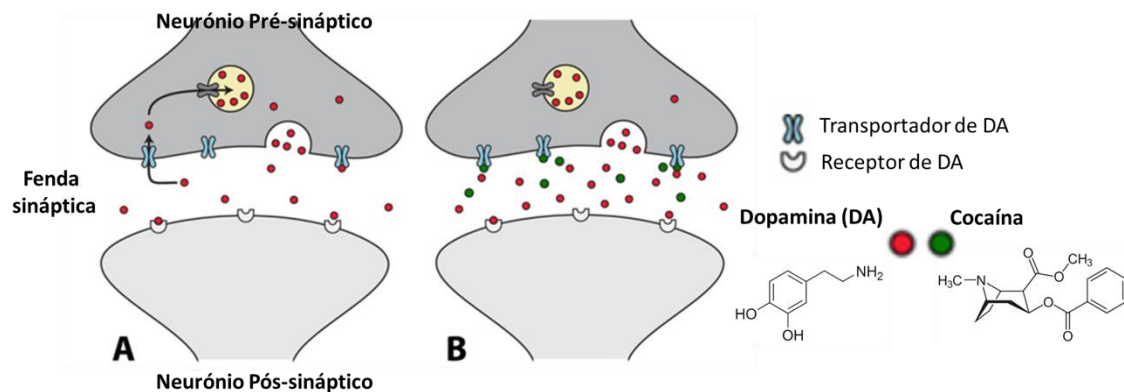


Figura 2 – Liberação de dopamina na fenda sináptica (A) na ausência de cocaína e (B) na presença de cocaína. Adaptado de [2].

Para que possa perceber melhor como as substâncias psicoativas atuam e como podem promover a dependência, vejamos o caso específico de como a cocaína afeta os níveis de dopamina (Figura 2), que é dos principais neurotransmissores do sistema de prazer e recompensa. Quando na presença de um estímulo, a dopamina é libertada dos neurónios pré-sinápticos. Quando a dopamina se liga aos recetores dopaminérgicos dos neurónios pós-sinápticos, a sensação de prazer é transmitida às restantes células do nosso corpo, dando-nos

a vontade de querer repetir este estímulo. Quando o estímulo desaparece, os níveis sinápticos de dopamina são retomados, pois este neurotransmissor é reabsorvido pelos transportadores dopaminérgicos. No entanto, substâncias psicoativas como a cocaína vão bloquear estes transportadores, fazendo com que a concentração de dopamina na zona sináptica aumente, atingindo níveis anormalmente elevadas e persistindo nesta zona mais tempo do que o normal. Este aumento dá um efeito de euforia, provocando uma associação muito forte entre a cocaína e prazer, fazendo a pessoa querer repetir a experiência. Por outro lado, como mecanismo de adaptação a estas concentrações elevadas de dopamina, há uma diminuição dos recetores dopaminérgicos e, deste modo, deixa de haver prazer nas ações mais simples, como comer algo de que gostamos ou num abraço, só a nova dose de cocaína voltará a dar origem aos níveis de dopamina capazes de dar prazer. Com a continuação do uso, o tão desejado prazer só é atingido com doses mais elevadas de cocaína.

O aumento dos níveis de dopamina na fenda sináptica, por este ou outros mecanismos, é um efeito comum a outras substâncias psicoativas como o álcool, o MDMA (*ecstasy*) e as anfetaminas.

O que são novas substâncias psicoativas?

Nas camadas mais jovens observa-se uma clara preferência pelo consumo de novas substâncias psicoativas (NSP). Estas são novas substâncias na forma pura ou numa preparação (uma mistura que contém uma ou mais substâncias psicoativas) que não se encontram abrangidas na lista de substância de abuso controladas, mas que podem representar riscos sociais ou para a saúde semelhantes aos colocados pelas substâncias controladas. O termo “novas” não significa que estes compostos químicos tenham sido sintetizados e/ou inventados recentemente, mas sim que são substâncias que apareceram recentemente no mercado de drogas de abuso, onde se podem incluir também alguns fármacos psicoativos quando utilizados de forma imprópria [3]. NSP são continuamente introduzidas no mercado e são desenvolvidas com o objetivo contornar a lei e de mimetizar, ou até melhorar, os efeitos das drogas de abuso já existentes e controladas. Como apresentam uma estrutura química diferente ou ligeiramente alterada, em relação às drogas de abuso controladas, as autoridades forenses não têm metodologias analíticas capazes de as detetar, e, desta forma, constituem alternativas “legais” para os traficantes e consumidores. Estas NSP podem ser produtos naturais (plantas, sementes ou extratos) ou compostos preparados (sintetizados) e são

geralmente vendidos como suplementos dietéticos, substâncias químicas de investigação ou drogas recreativas, muitas vezes comercializadas em embalagens coloridas sugestivas ou são até promovidas como opções saudáveis e seguras. No entanto, e é importante não esquecer, muitas destas substâncias representam um perigo para a saúde tão, ou mais, elevado do que as chamadas drogas controladas.

As NSP representam uma ampla diversidade de compostos tais como, catinonas sintéticas, canabinóides sintéticos, benzodiazepínicos e opióides. Das NSP, os canabinóides sintéticos e as catinonas sintéticas são das classes de compostos mais comercializadas.

O que são catinonas sintéticas psicoativas?



Figura 3 – A planta *Catha edulis* que contém a catinona e estrutura básica das catinonas sintéticas psicoativas. São também apresentadas algumas embalagens que “camuflam” a venda destas substâncias que constituem um perigo para a saúde.

A catinona, é um composto químico natural com propriedades psicoativas, que é o principal agente estimulante presente nas folhas e caules frescos da planta *Catha edulis*, também conhecida como khat (Figura 3). As catinonas sintéticas são substâncias psicoestimulantes, estruturalmente análogas à catinona, que são sintetizadas propositadamente para a obtenção de compostos que possam não ser detetados pelas autoridades forenses, mas que tenham efeitos estimulantes semelhantes a diversas drogas controladas, tais como as anfetaminas, a cocaína, o MDMA (*ectasy*). Vendidas muitas vezes sob a forma de sais de banho, podem ser fumadas, injetadas ou ingeridas e a popularidade das catinonas sintéticas deve-se não só aos

fortes efeitos estimulantes (semelhantes aos das anfetaminas e cocaína), mas também à facilidade de acesso (nomeadamente no mercado eletrónico), ao baixo preço, quando comparado com outras drogas que produzam o mesmo efeito, e ao facto de algumas das catinonas sintéticas ainda não serem controladas [4].

As catinonas sintéticas exercem o seu efeito psicoestimulante através do aumento da concentração sináptica de neurotransmissores como a dopamina e a serotonina, de um modo similar aos descrito para a cocaína. Embora, mascarados de drogas legais e inofensivas, estes compostos representam um perigo para a saúde, estando associados a casos de morte, e muito frequentemente induzem taquicardia e hipertensão, alucinações e episódios psicóticos [5]. No entanto, por não serem drogas controladas, a associação entre o consumo destas substâncias e os efeitos adversos provocados é muitas vezes difícil, num contexto hospitalar, dificultando o tratamento atempado e adequado.

Qual o papel da química no controlo do problema das catinonas psicoativas sintéticas?

Devido à introdução de um elevado número de novas moléculas no mercado das NSP, as autoridades forenses não têm capacidade de desenvolver as metodologias analíticas adequadas à deteção de todas estas novas substâncias. O controlo de catinonas sintéticas (e das outras NSP) é particularmente difícil, uma vez que há possibilidade de uma constante modificação da estrutura química com relativa facilidade de síntese laboratorial. Este problema é ainda dificultado pelo facto de muitas destas moléculas serem extensamente metabolizadas no nosso organismo. Ou seja, quando entram no nosso organismo sofrem uma série de reações químicas que as transformam noutras moléculas, que denominamos por metabolitos. Assim, quando se vai analisar uma amostra de sangue ou de urina de alguém que consumiu estas substâncias não vamos detetar a catinona que foi consumida, mas sim os seus metabolitos. Isto implica a necessidade de estudos adicionais para a identificação dos metabolitos das novas NSP. A identificação dos metabolitos de catinonas sintéticas é assim absolutamente fundamental no contexto criminal e hospitalar.

É precisamente no campo do desenvolvimento de metodologias analíticas para a deteção e identificação de NSP e dos seus metabolitos, que os químicos podem contribuir para o controlo deste problema. Adicionalmente, a possibilidade de sintetizarmos os metabolitos e os NSP abre portas para os testes de toxicidade necessários a avaliar o impacto do uso destas substâncias. Nesta apresentação irão ver exemplos específicos da investigação desenvolvida

no meu grupo de investigação, no Centro de Química Estrutural (IST) [6], desenvolvida em colaboração com outros colegas de outras faculdades e com o Laboratório de Polícia Científica da Polícia Judiciária, com o intuito de ter um papel proactivo neste problema.

Referências

- [1] EMCDDA (2020). Relatório Europeu sobre drogas – Questões-Chave: <https://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/13238/TD0420439PTN.pdf> (acedido em 5/02/2021).
- [2] R.A. Espana, S.R. Jones, Presynaptic dopamine modulation by stimulant self-administration, *Frontiers in Bioscience* (Scholar edition), **2013**, 5, 261–276.
- [3] EMCDDA (2020). New psychoactive substances: global markets, global threats and the COVID-19 pandemic - An update from the EU early warning system: New psychoactive substances. https://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/13464/20205648_TD0320796ENN_PDF_rev.pdf (acedido em 5/02/2021).
- [4] R.A. Glennon, M. Dukat, Synthetic cathinones: A brief overview of overviews with applications to the forensic sciences, *Annals of Forensic Research and Analysis* **2017**, 4(2), 1040.
- [5] A.M. Weinstein, P. Rosca, L. Fattore, E.D. London, Synthetic cathinone and cannabinoid designer drugs pose a major risk for public health, *Frontiers in Psychiatry* **2017**, 8, 156.
- [6] B.T. Lopes, M.J. Caldeira, H. Gaspar, A.M.M. Antunes, Metabolic profile of four selected cathinones in microsome incubations: Identification of phase I and II metabolites by liquid chromatography high resolution mass spectrometry, *Frontiers in Chemistry* **2021**, 8, 609251.

Moléculas, materiais e seres luminosos [1]

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/xc3bsqxf/streaming.html?locale=pt>

Mário Berberan e Santos e Manuel Prieto

iBB, CQE, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

A apresentação, com demonstrações, trata da emissão de luz por moléculas, materiais e seres vivos.

A emissão de luz por átomos é um fenómeno relativamente comum na atmosfera, e, por vezes, de rara beleza. Está associado às descargas elétricas luminosas, muito brilhantes e de curta duração, por exemplo raios em tempestades e em erupções de vulcões, e ainda o *Fogo de Santelmo* (observado nas pontas dos mastros dos navios, também durante tempestades). Em todos estes casos, a luz resulta, em parte, de átomos de nitrogénio e oxigénio excitados. Também as auroras, tanto boreais como austrais, são principalmente devidas ao oxigénio, agora excitado pelo vento solar. Os espectros de emissão dos átomos foram determinantes no nosso conhecimento atual da estrutura atómica, e são obtidos experimentalmente com tubos de descarga, e também a partir das chamas de compostos que os contêm, por exemplo sais metálicos. A emissão atómica tem importantes aplicações práticas, designadamente em lâmpadas fluorescentes (por exemplo emissão de átomos de európio e térbio), que substituíram com vantagem as lâmpadas incandescentes, e também nos fogos-de-artifício, por todos apreciados (amarelo: sódio; branco: magnésio; bário: verde; cobre: azul,...).

Quanto à emissão molecular, há dois tipos principais: fluorescência (Figura 1) e fosforescência (Figura 2). As leis da espectroscopia determinam se as transições são "permitidas" (fortes) ou "proibidas" (fracas), e isso define a duração dos estados excitados. Assim, a fluorescência é um fenómeno muito rápido, no qual a emissão termina na escala de nanossegundos ou, mesmo, picossegundos, enquanto a fosforescência é um fenómeno lento que pode persistir por um longo tempo (segundos ou minutos), após a excitação, sendo, por exemplo, usada em sistemas de sinalização de segurança, indicando saídas de emergência.

A primeira menção rigorosa do fenómeno da fluorescência (1565) refere-se ao "lenho nefrítico", usado, então, no tratamento de problemas renais, trazido do México, e do qual o

naturalista Nicolas Monardes, de Sevilha, descreveu a cor azul apresentada pela água onde a madeira estava submersa (fenómeno já conhecido dos astecas). Outro composto de origem vegetal é o quinino, originário do Peru, usado durante séculos na profilaxia da malária. A conhecida água tônica, muito usada no império colonial inglês, é essencialmente uma solução aquosa de quinino, ainda usada hoje no *gin* tônico. Já nos países vinícolas da Europa (por exemplo França, Espanha e Portugal), o quinino foi principalmente tomado no vinho, o chamado «vinho quinado».

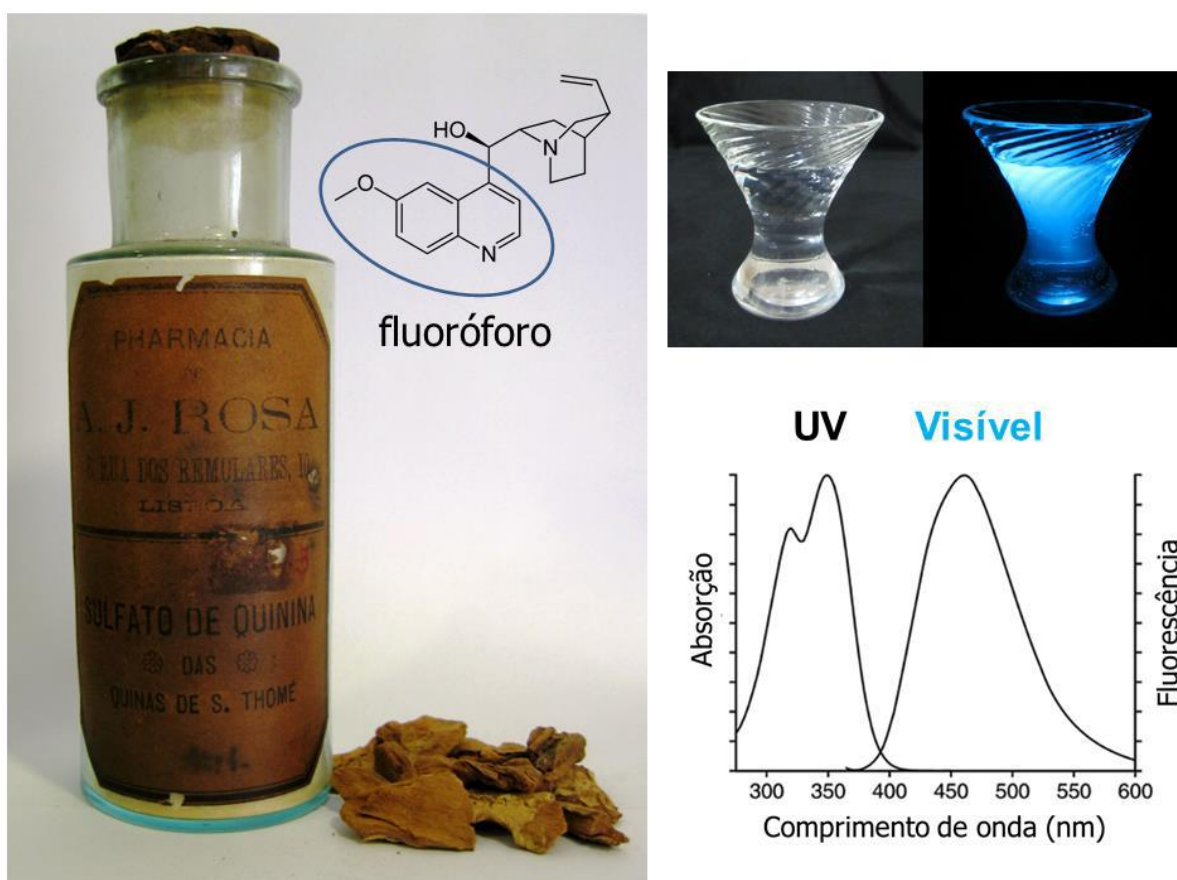


Figura 1 –Absorção (no ultravioleta, UV) e fluorescência (azul) do quinino em água (água tônica). [2]

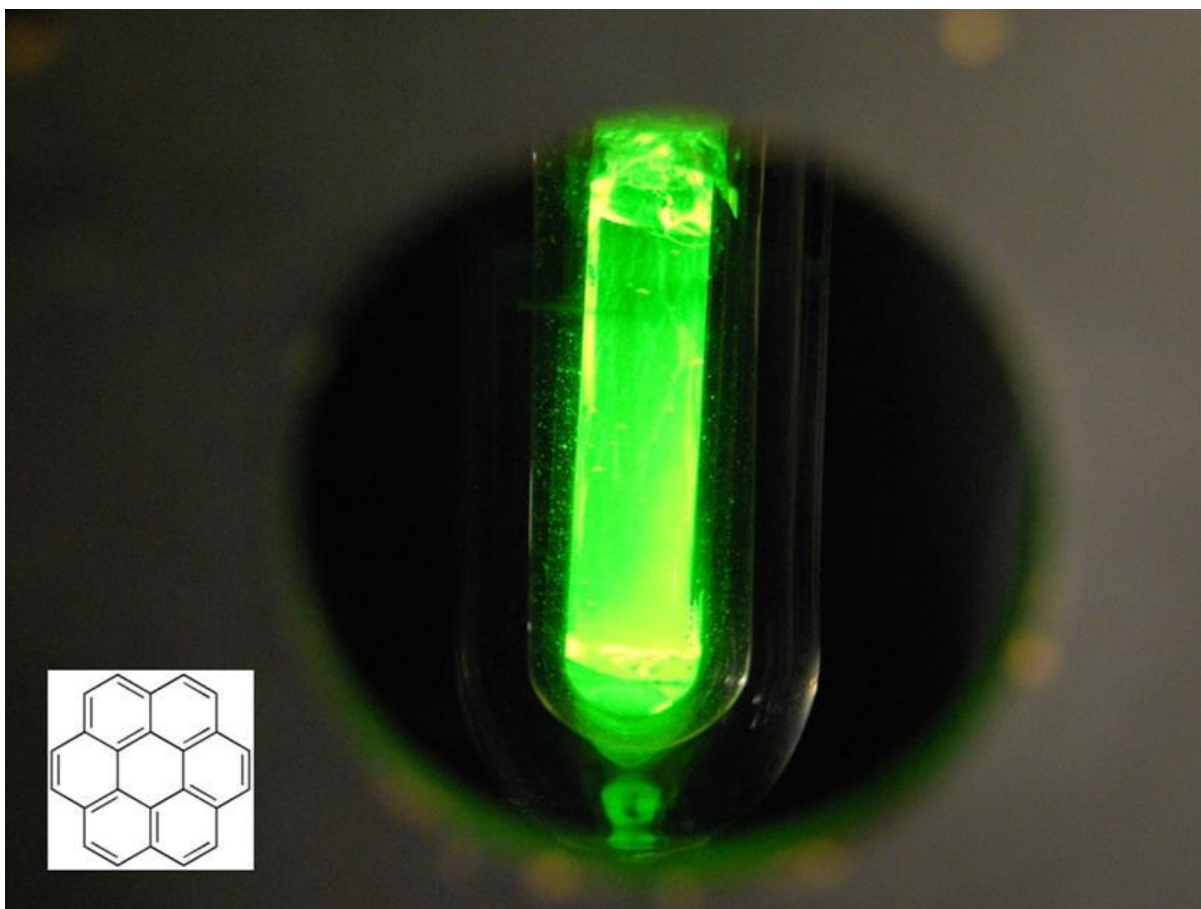


Figura 2 –Fosforescência verde do coroneno à temperatura do nitrogénio líquido (77 K), segundos após cessar a excitação da amostra com luz UV.

As aplicações da fluorescência molecular na vida quotidiana são inúmeras, designadamente nas marcas de segurança em notas bancárias e em cartões, e nos "branqueadores ópticos", que são compostos fluorescentes adicionados ao papel e aos detergentes, para intensificar a aparência de brancura ou pseudo lavagem. Muitas análises clínicas também recorrem à fluorescência.

Finalmente, são de mencionar os OLED (díodos orgânicos emissores de luz), que estão na fronteira do desenvolvimento de técnicas de iluminação e de ecrãs.

Todos os processos que produzem um átomo ou molécula no estado excitado são susceptíveis de gerar luminescência. Os mais comuns são as já descritas Fotoluminescência (por absorção de luz) e Electroluminescência (baseada na passagem de uma corrente eléctrica), mas existem muitos outros, como a Radioluminescência (raios-X e partículas), Triboluminescência (atrito, ruptura, deformação, por exemplo, ao desfazer cristais de açúcar), Sonoluminescência (ultrasons) e Termoluminescência (aquecimento, utilizada em datação em Geologia e Arqueologia).

A todos estes processos, há que acrescentar dois muito relevantes: Quimioluminescência (emissão de luz por reacção química) e Bioluminescência (emissão de luz por reacção bioquímica). A

quimioluminescência é responsável pela cor azulada que vemos na chama em fogões a gás, que seria praticamente incolor na ausência da formação de certos radicais químicos no estado excitado, existindo ainda a emissão bem conhecida do fósforo e também tubos com compostos que, por oxidação, originam espécies químicas no estado excitado, sendo usados em sinalização de emergência, pesca e outras actividades. A oxidação do luminol, usada na investigação forense para detectar sangue (devido ao ferro da hemoglobina), é outra reacção quimioluminescente.

Finalmente, a Bioluminescência, cuja singularidade provém de a reacção química ser produzida por um ser vivo (reacção bioquímica). Os pirilampos (Figura 3) são, sem dúvida, o caso mais conhecido, mas a luz emitida por espécies marinhas como certos peixes de profundidade e plâncton, além de cogumelos e bactérias, é também familiar. A importância dessa luminescência no contexto da investigação em Biologia Celular é grande, sendo usadas proteínas específicas, como a proteína verde fluorescente. Existem, até, animais transgênicos com proteínas fluorescentes (gatos, macacos, peixes), que brilham no escuro quando expostos à luz ultravioleta, o que também acontece naturalmente com algumas espécies, como os escorpiões (Figura 4).



Figura 3 –Uma das espécies de pirilampo existente em Portugal, o *Luciola lusitânica* [1].



Figura 4 –Um escorpião iluminado com luz natural e com UV, observando-se a sua fluorescência [1].

Referências

[1] Texto original publicado em: Laboratórios Abertos 2020, ISBN: 978-989-99508-7-0, 24.

[2] M.N. Berberan e Santos, Química 139 (2015) 53.

Quando o chão nos foge debaixo dos pés. Efeito das alterações climáticas nos solos do Ártico.

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/xc3lsn0y/streaming.html?locale=pt>

João Canário

Centro de Química Estrutural & Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

O Ártico ou Região Ártica, é geralmente definido como a região do Hemisfério Norte circunscrita pela linha onde a temperatura média do mês mais quente é inferior a 10 °C (Figura 1). A linha isotérmica delimitando esta região coincide aproximadamente com a linha das árvores ártica. A outra definição aponta o Ártico como sendo aquela zona circunscrita pelo Círculo Polar Ártico (66° 33' 44"N), contendo o Oceano Ártico e o Polo Norte.



Figura 1 – Localização geográfica do Ártico. Fonte: Wikipédia.

Ao contrário da Antártida, por exemplo, o Ártico é uma zona de mar gelado circundado por continentes. Estes territórios continentais são ocupados pelo Canadá e Alaska (EUA) na América do Norte, Islândia, Noruega, Suécia e Finlândia na Europa e a Federação Russa na Euroásia.

Durante o inverno todo o Ártico está coberto por gelo e neve e a temperatura média pode atingir -40 °C. Durante o verão a tundra é a vegetação principal, mas nas áreas mais aquecidas pode se encontrar salgueiros e bétulas. A vida animal é pobre no tocante ao número de

espécies, mas única. Nestes ambientes é comum encontrar-se, por exemplo, ursos-polares, focas árticas, raposas-do-Ártico e vivendo inteiramente no mar os narvais ou as belugas, espécies que se adaptaram a condições extremas ao longo de milénios (Figura 2).



Figura 2 – Localização geográfica do Ártico. Fonte: IASC.

As alterações climáticas e em particular o aumento da temperatura global, tem levado a profundas mudanças no Ártico onde a temperatura tem aumentado o dobro comparativamente a latitudes mais baixas (Figura 3).

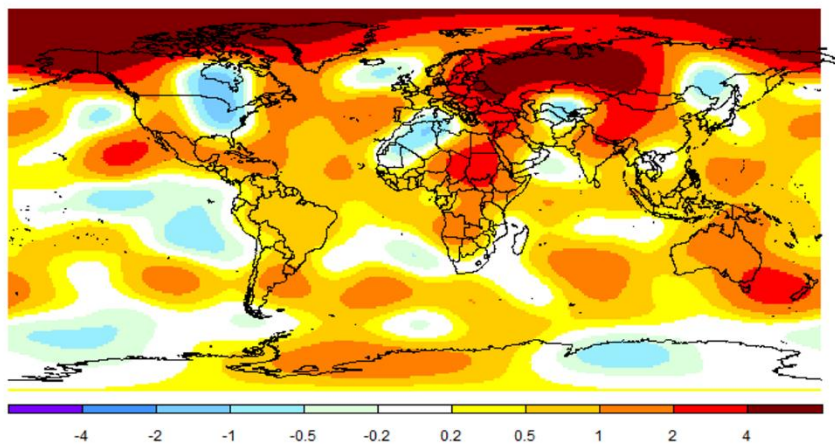


Figura 3 – Aumento global da temperatura de 1951 a 2018. Fonte: NASA.

Este fenómeno conhecido como “*Arctic Amplification*” resulta desta área do planeta irradiar menos energia para o espaço levando a um maior incremento de temperatura. Como consequência, existe uma perda considerável de gelo marinho (e também terrestre) diminuindo o albedo e aumentando a temperatura da água do oceano Ártico o que conduz a uma maior diminuição da área e volume deste tipo de gelo.

Os efeitos deste aumento de temperatura não são, no entanto, só sentidos no mar. A temperatura atmosférica em terra também tem vindo a aumentar também em terra

conduzindo, entre outras consequências ao aumento da temperatura dos solos em todo o Ártico.

A Figura 4 apresenta a variação da temperatura do solo entre 1920 e 2003 em Fairbanks no Alasca, a diversas profundidades.

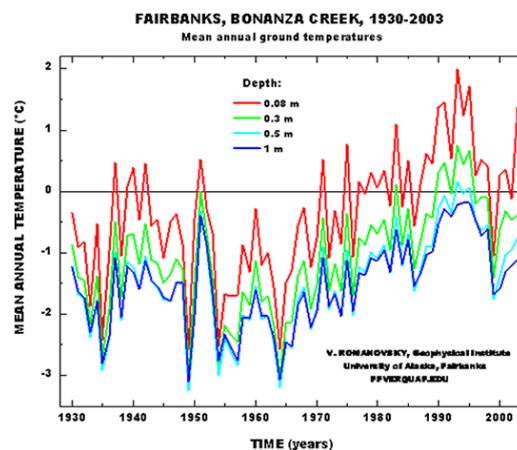


Figura 4 – Variação da temperatura do solo em Fairbanks, Alasca entre 1920 e 2003. Fonte: https://www.pmel.noaa.gov/arctic-zone/essay_romanovsky.html.

Observando a figura, é notório um aumento crescente da temperatura do solo, em particular depois de 1960. Este aumento de temperatura do solo tem conduzido alterações profundas à estabilidade dos solos, em particular aos solos permanentemente gelados conhecidos por *permafrost*.

O *permafrost* é definido como todo o tipo de solo que permanece a uma temperatura inferior a 0 °C pelo menos durante 2 anos consecutivos [1]. Estes solos são constituídos por uma camada em superior que congela de inverno e descongela de verão denominada “camada ativa” e por baixo desta, o *permafrost* (Figura 5).



Figura 5 – Constituição do *permafrost*. Adaptado de <https://ipa.arcticportal.org>.

O *permafrost* do Ártico é particularmente importante pois todas as infraestruturas (não nos podemos esquecer que o Ártico é habitado) são construídas sobre esta camada de solo, consolidada devido ao congelamento. É então lógico supor que com o aumento da temperatura dos solos do Ártico estes solos percam a sua consolidação e que acabam por abater conduzindo ao colapso dos terrenos e infraestruturas. Na verdade, é o que está a acontecer. A Figura 6 ilustra algumas das consequências da degradação do *permafrost*.



Figura 6 – Consequências da degradação do *permafrost* no Ártico.

Este fenómeno provoca não só graves consequências socioeconómicas, mas também ambientais como seja o aumento acelerado da erosão costeira. Mas o problema da degradação do *permafrost* não termina aqui. O solo do Ártico é particularmente rico em matéria orgânica [2]. Alguma desta matéria orgânica esteve congelada, e química e biologicamente indisponível, por milhares de anos. Com o aumento da temperatura do solo e da conseqüente fusão, a matéria orgânica fica disponível para ser degradada por microrganismos e, como resultado desse processo, são libertadas para a atmosfera grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4), gases de efeito de estufa. Este processo tem uma dimensão considerável pois o *permafrost* do Ártico é o segundo maior reservatório de carbono do planeta [3]. A quantidade de CO_2 e CH_4 libertada é tão elevada é possível observar bolhas gasosas a serem libertadas da água dos lagos e, no caso do CH_4 , pode inflamar-se o gás libertado (Figura 7).



Figura 7 – Libertação de metano de lagos de *permafrost* (foto da direita crédito: Mark Thiessen, Nat Geo Image Collection).

A libertação destes gases irá conduzir a um aumento da concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera que terá como consequência o aumento da temperatura da atmosfera e do solo. Este aumento da temperatura do solo levará à degradação de mais *permafrost* e mais libertação de gases com efeito de estufa. O círculo vicioso completa-se e retoma do início.

O papel da química é fundamental para perceber estes processos e para poder estimar os impactos nos ecossistemas do Ártico em particular e em todo o planeta em geral.

Por exemplo, sabe-se que lagos próximos com a mesma concentração de matéria orgânica comportam-se de maneira diferente. Enquanto uns são emissores de dióxido de carbono, outros emitem preferencialmente metano. Outros ainda embora emitam o mesmo tipo de gás emitem-no com diferentes fluxos.

Desta forma, o teor de matéria orgânica de um lago não explica o seu comportamento. Estudos têm mostrado que mais importante do que o teor em matéria orgânica, é o tipo de matéria orgânica. Por exemplo um maior teor de matéria orgânica lábil (facilmente degradável) conduzirá a um maior fluxo de gases. Por outro lado, uma concentração mais elevada de celulose e outros compostos resultantes da sua degradação (lignina por exemplo) conduzirá preferencialmente a uma libertação de metano em detrimento do dióxido de carbono.

Alguns destes estudos têm sido conduzidos pelo grupo de biogeoquímica ambiental do Centro de Química Estrutural do Instituto Superior Técnico em lagos do Ártico Canadano (Figura 8).



Figura 8 – Lago SAS1A resultante da degradação do *permafrost* no verão e no inverno durante uma campanha de amostragem.

Nestes trabalhos têm sido colhidas amostras de água, solos e sedimentos que são depois transportadas para Lisboa onde são processadas e analisadas utilizando técnicas analíticas de análise estrutural.

Os resultados obtidos (exemplo na Figura 9) têm permitido avaliar a labilidade da matéria orgânica e a sua composição em termos de grupos funcionais (compostos aromáticos, açúcares, proteínas, etc.).

Estes resultados serão depois colocados em modelos de degradação de matéria orgânica e permitirão estimar o impacto de cada lago, ou de cada conjunto de lagos com as mesmas características, no fluxo global de gases de efeitos de estufa para a atmosfera.

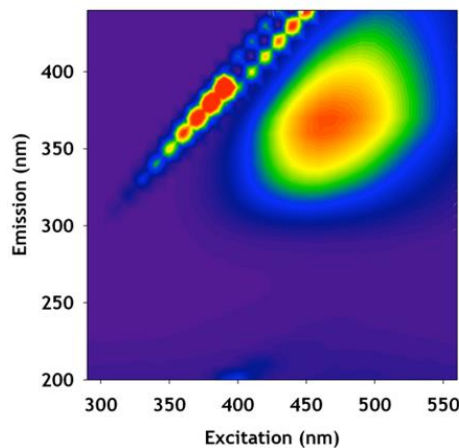


Figura 9 – Espectro de excitação e emissão por fluorescência de uma amostra de água de um lago do Ártico.

Apesar deste trabalho parecer, à partida, um trabalho de química ambiental na verdade, é multidisciplinar envolvendo outras disciplinas como a biologia (em particular a microbiologia), a geologia ou a geografia. A conjugação de esforços destas áreas do conhecimento no estudo das alterações climáticas no Ártico é a única forma de perceber os seus impactos e propor medidas de mitigação e remediação quer a nível local, quer a nível global.

Referências

- [1] <https://www.nrdc.org/stories/permafrost-everything-you-need-know>.
- [2] C.L. Ping, J.D. Jastrow, M.T. Jorgenson, G.J. Michaelson, Y.L. Shur, Permafrost soils and carbon cycling, *Soil*, **2015**, 1, 147-171.
- [3] G. Hugelius, J. Loisel, S. Chadburn, R.B. Jackson, M.B. Jones, G. MacDonald, M. Marushchak, D. Olefeldt, M. Packalen, M.B. Siewert, C. Treat, M. Turetsky, C. Voigt, Z. Yu, Large stocks of peatland carbon and nitrogen are vulnerable to permafrost thaw, *PNAS*, **2020**, 117 (34) 20438-20446

Amor & Química: Uma visão sobre a Hipótese Psicoquímica

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/1hxivwmoeb/streaming.html?locale=pt>

João Paulo Telo

Centro de Química Estrutural, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Serão o amor e as emoções controlados pela química?

Os Alquimistas consideravam que toda a matéria tinha uma componente espiritual e vice-versa. A Hipótese Psicoquímica sugere que a maioria das emoções humanas, mesmo as consideradas mais sublimes como a paixão, o amor, o afeto, assim como o bem-estar emocional e a animosidade, são controladas por substâncias químicas produzidas no cérebro chamadas neurotransmissores.

A sexualidade dos insetos e de alguns animais superiores é controlada por feromonas (aromas). A fêmea do bicho-da-seda produz o químico bombykol para atrair os machos, por exemplo. O mesmo acontece nalguns mamíferos. O gato almiscarado africano marca o território com o químico civetona, um aroma *musk* (almíscar, em português) usado em perfumaria. Foi relatado que fotógrafos da natureza espalham o perfume *Obsession For Men* (Calvin Klein) para atrair jaguares e assim melhor os fotografar. Este perfume contém civetona, o que lhe dá as notas de *musk*, e aparentemente esses felinos usam o seu apurado faro para detetar e caçar o gato almiscarado [1].

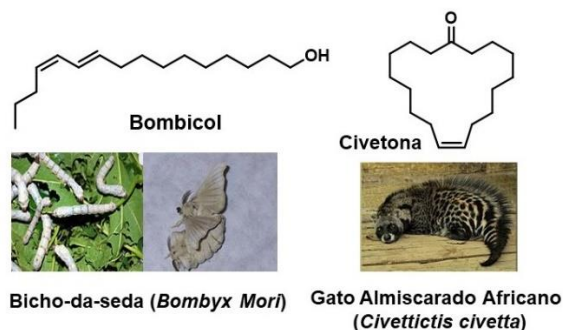


Figura 1 – Feromonas do bicho-da-seda e do gato almiscarado africano.

Apesar dos esforços da indústria dos perfumes, nunca foi descoberta uma feromona humana. Nos humanos, o principal estimulador da paixão amorosa parece ser a visão e não o olfato. Uma das primeiras descrições que o comprovam é a história bíblica do rei David e Bathsheba.

“E aconteceu que numa tarde David se levantou do seu leito, e passeava no terraço da casa real, e viu do terraço uma mulher que se estava lavando; e era esta mulher muito formosa à vista. Então enviou David mensageiros, e mandou trazê-la; e ela veio, e ele se deitou com ela” (2 Samuel 11).



Figura 2 – O Banho de Bathsheba (Rembrandt, Louvre).

Rembrandt pintou a cena, mostrando-nos o banho de uma mulher de constituição algo volumosa, longe dos atuais padrões de beleza, mas de acordo com os da época barroca. A Hipótese Psicoquímica não nos explica porque é que o individuo A se apaixona pelo B e não por outro qualquer, mas explica o que acontece no nosso cérebro quando tal acontece.

Hipótese Psicoquímica (HPC) e neurotransmissores

Paixão, amor, afeto, bem-estar emocional, animosidade, etc., são controlados por neurotransmissores, que são moléculas endógenas que permitem a comunicação entre neurónios e entre estes e outras células. A descoberta da neurotransmissão química na 1ª metade do séc. XX mudou o paradigma do “cérebro elétrico” para um “cérebro químico”. A produção e a quantidade de um dado neurotransmissor afeta e condiciona o nosso comportamento e as nossas emoções. Entre os vários neurotransmissores envolvidos no prazer e no bem-estar encontram-se aminoácidos, como o ácido gama-aminobutírico (GABA), óxido nítrico (N=O), neuropéptidos como a oxitocina e várias neuroaminas [2].

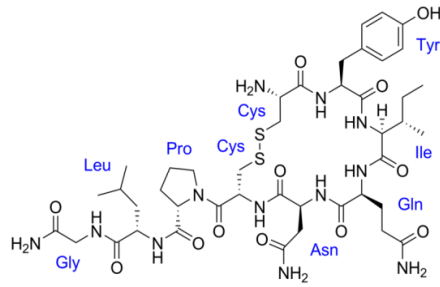


Figura 3 – Estrutura do polipéptido oxitocina.

Durante o parto são produzidas grandes quantidades de oxitocina. Esta molécula induz a entrada em "trabalho de parto", aumenta a lactação e, segundo a Hipótese Psicoquímica, é responsável pelo afeto mãe-filho. Há também produção de neuroaminas durante o parto e a aleitação. Isto pode ter resultado de um mecanismo biológico adaptativo de proteção da espécie, já que quanto maior a "paixão" entre a mãe e o filho, mais hipóteses a cria tem de ser protegida pelos progenitores em caso de perigo. Contudo, níveis elevados de oxitocina ou neuroaminas causam ansiedade, obsessões e paranoia. Será o amor uma "obsessão"?

“Mães recentes têm mais sintomas de obsessão e compulsão” (Diário de Notícias, 6 de Março de 2013). *“As mães recentes (...) têm mais sintomas de obsessão e compulsão que a população em geral, indicou um estudo. Os investigadores descobriram que 11 por cento das mulheres entre as duas e as seis semanas depois do parto experimentam significativos sintomas obsessivo-compulsivos, em comparação com dois a três por cento da população em geral.”*

Há também produção de oxitocina, mas principalmente de neuroaminas, durante a fase da paixão amorosa. As neuroaminas têm normalmente um efeito excitante e são responsáveis por sintomas como o elevado ritmo cardíaco e falta de atenção e ansiedade durante a fase de paixão amorosa. Tal como algumas drogas ilegais estruturalmente semelhantes (ver abaixo), são aditivas, e a eventual diminuição da sua produção causa uma espécie de “ressaca” (depressão, irritabilidade) na ausência do objeto da paixão (saudade). Há também um efeito de saturação, já que ao fim de algum tempo precisamos maiores quantidades de neuroaminas para manter os mesmos efeitos, pelo que eventualmente “desapaixonamo-nos”. Este efeito também explica a "depressão pós-parto", a qual resulta de alguma maneira de uma "ressaca"

devido à diminuição abrupta de produção de neurotransmissores. Mas os românticos podem ficar descansados: nas relações de longo prazo (amor?) o perfil químico dos neurotransmissores muda, sendo produzidas menos neuroaminas, mas mais oxitocina. Esta não é um excitante, tem até efeitos calmantes. Verificou-se que a administração de oxitocina durante uma discussão violenta ou em momentos de stress acalma e reduz os conflitos [3]. Quando uma pessoa faz festas a um cão há libertação de oxitocina em ambos, o que resulta numa diminuição da tensão arterial [4].

Neuroaminas

Neuroaminas são uma classe de neurotransmissores sintetizados nas células do sistema nervoso central (SNC) a partir dos aminoácidos aromáticos (componentes das proteínas) através da enzima AAAD. A neuroamina estruturalmente mais simples é a fenetilamina (2-feniletilamina, PEA). A PEA promove o afeto nas relações e o bem-estar emocional, estando também implicada no bem-estar físico depois da prática de exercício [5].

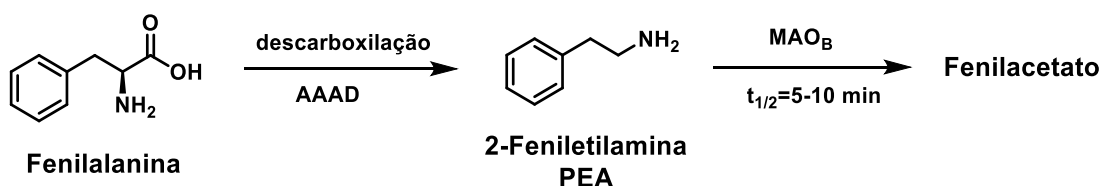


Figura 4 – A Fenetilamina é sintetizada no cérebro a partir do aminoácido fenilalanina através da enzima descarboxilase dos aminoácidos aromáticos (AAAD). É metabolizada rapidamente pela enzima monoamina oxidase (MAO) e excretada na forma de fenilacetato.

É metabolizada pela enzima MAO_B (monoamina oxidase) e excretada na forma de ácido fenilacético (ou melhor, do seu anião fenilacetato). Existem duas formas de MAO, uma que atua rapidamente (a MAO_B), e outra de efeito mais lento (MAO_A). A PEA é metabolizada pela MAO_B, sendo o seu tempo de meia vida no organismo da ordem dos minutos. São, portanto, infundadas as alegações que a presença de PEA no chocolate e noutros alimentos é responsável pelo bem-estar físico depois da sua ingestão. Para além disso a PEA não atravessa a barreira sangue-cérebro, pelo que os seus efeitos no sistema nervoso central seriam mínimos, mesmo se a concentração no plasma sanguíneo fosse significativa.

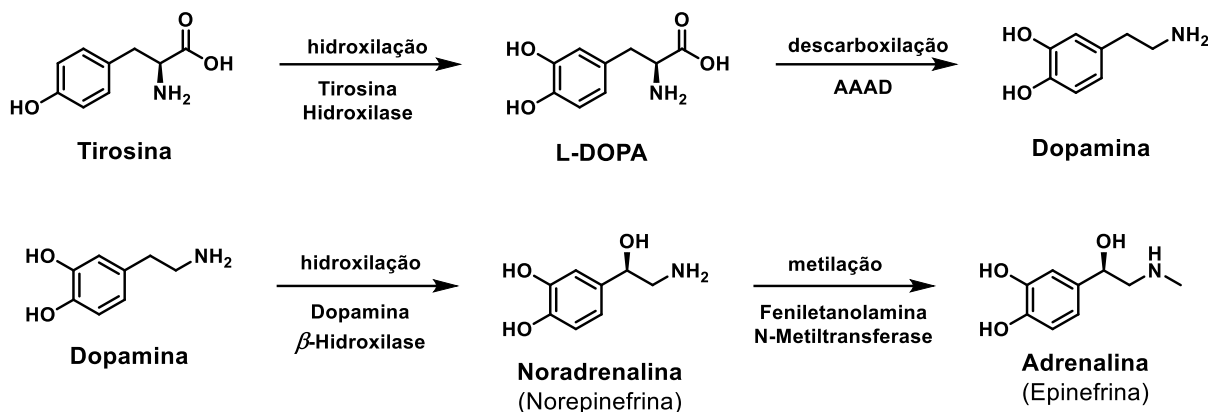


Figura 5 – Mecanismo da biossíntese de várias neuroaminas a partir do aminoácido tirosina.

Várias neuroaminas são sintetizadas *in vivo* a partir do aminoácido tirosina. A dopamina está envolvida no sentimento de felicidade e na motivação para a aprendizagem. Baixos níveis de dopamina resultam em pouca “alegria de viver”, falta de sentido de aventura e estão envolvidos na Doença de Parkinson (para a qual o L-DOPA é um medicamento comum) e na hiperatividade nas crianças. Contudo, altos níveis de dopamina levam a comportamentos obsessivos, esquizofrenia e paranoia. A adrenalina e a noradrenalina são hormonas de “stress”, ativadas pelo medo ou excitação. Aumentam o ritmo cardíaco, a produção de glucose, o fluxo de sangue nos músculos e a oxigenação do cérebro. Baixos níveis de noradrenalina causam depressão. A adrenalina, tal como a maioria das neuroaminas, é algo aditiva. A habituação a altos níveis de adrenalina (*adrenaline junkies*) explica certos comportamentos, como a prática compulsiva de desportos radicais ou a permanente procura de situações violentas e hooliganismo.

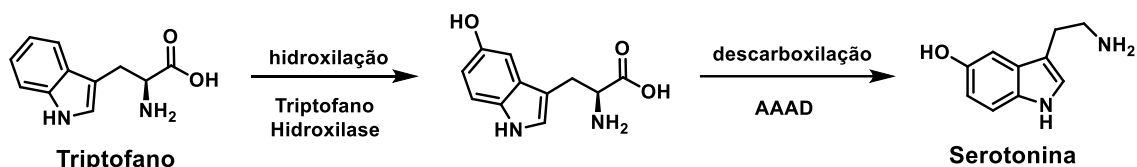


Figura 6 – Biossíntese da serotonina a partir do aminoácido triptofano.

A serotonina é derivada do aminoácido triptofano e regula o humor, o sentimento de felicidade, o apetite e o sono. Está também envolvida nalgumas funções cognitivas, como a memória e a aprendizagem.

Aminas exógenas ativas no Sistema Nervoso Central

Como afirmado acima, a PEA é rapidamente metabolizada e penetra mal a barreira sangue-cérebro por ser demasiado polar, pelo que a sua administração oral ou mesmo intravenosa pouco efeito teria ao nível do sistema nervoso central. Embora estruturalmente muito semelhante, tal não acontece com a anfetamina, um químico não-natural que é um potente estimulante do sistema nervoso central quando administrada oralmente. Os seus efeitos incluem euforia, ansiedade, aumento da concentração e da autoestima, mas também irritabilidade, comportamentos obsessivos, paranoia e psicoses. É também um potente anorético (reduz a fome).

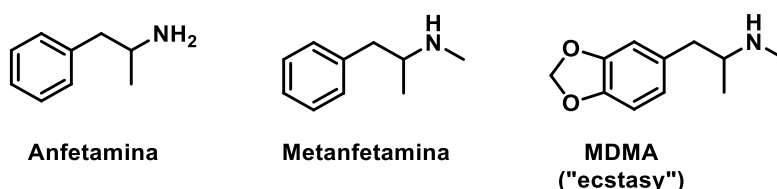


Figura 7 – Estrutura de várias aminas sintéticas ativas no sistema nervoso central.

Vários derivados da anfetamina são utilizados como drogas de abuso (ilegais). A metanfetamina (*N*-metilanfetamina, *crystal meth*) é uma das drogas de abuso mais frequentes, com resultados física e socialmente catastróficos para os seus utilizadores. O MDMA (*ecstasy*), a chamada "droga do amor", é um estimulante que aumenta a empatia interpessoal, a emotividade e a sensibilidade. Induz euforia, sentido de intimidade e diminui a ansiedade. É frequente os utilizadores desta droga ilegal fazerem declarações apaixonadas e despropositadas a desconhecidos. Note-se a semelhança entre a estrutura do MDMA e da dopamina.

"Nova versão de ecstasy pode vir a ser a melhor terapia para casais em crise (Revista Visão, 12 de outubro de 2016). A garantia é de Katie Anderson, investigadora da Universidade South Bank, em Londres, que diz que o MDMA, a "droga do amor", como também é conhecida, proporciona uma aproximação do casal a ponto de deixar de haver segredos ou assuntos tabus. Falta desenvolver uma versão legal e terapêutica".

Uma característica estrutural comum às neuroaminas endógenas (produzidas no organismo) e às anfetaminas é a ocorrência de um anel aromático (benzeno ou outro) separado de um

átomo de azoto por dois átomos de carbono. Muitos compostos naturais contendo azoto (alcaloides) que possuem esta característica estrutural são ativos no sistema nervoso central, isto é, são psicoativos.

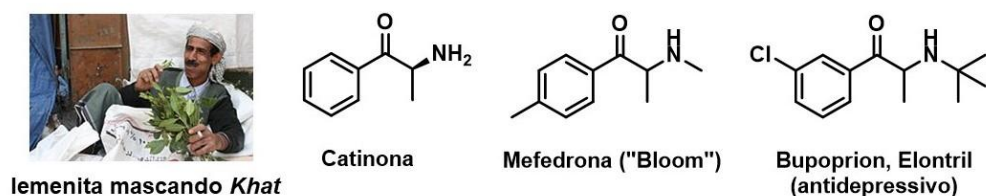


Figura 8 – Estrutura da catinona, uma neuroamina presente no khat e derivados sintéticos.

O khat (*Catha edulis*) é uma planta originária da Etiópia e península arábica que contém o alcaloide catinona, um estimulante semelhante à anfetamina que causa excitação e euforia. O hábito de mascar khat é comum (e legal) no Iémen. A partir de 2003 apareceu no mercado ilegal um derivado sintético da catinona mais potente, a mefedrona (*Bloom*). O abuso desta droga resultou em inúmeros casos de psicoses graves e irreversíveis. Há, contudo, derivados da catinona de uso clínico, como o antidepressivo bupoprião.

Existem também alcaloides psicoativos semelhantes à serotonina, como a psilocina, presente em alguns tipos de cogumelos, e a dimetiltriptamina, que ocorre em várias plantas. São alucinogénios fortes, mas, tal como a PEA, são metabolizados rapidamente pela MAO_B. O **Ayahuasca** é uma cerimónia religiosa tribal originária da América do Sul, onde xamãs tomam uma mistura de duas ervas que induz um estado alucinogénio que "permite" aos envolvidos falar com os deuses e os antepassados. Curiosamente, apenas uma das ervas contém dimetiltriptamina, vindo os químicos a descobrir que a outra contém harmina, um inibidor da MAO, que é necessário para que a dimetiltriptamina não seja metabolizada rapidamente.



Figura 9 – Alcaloides naturais ativos no sistema nervoso central com estrutura semelhante à serotonina.

Conclusão e polêmica

A hipótese psicoquímica afirma que as nossas emoções, incluindo as consideradas mais sublimes como o amor, a paixão e o afeto, são controladas pela química. Como o metabolismo destes neurotransmissores é comum pelo menos aos mamíferos superiores, podemos inferir que os sentimentos que eles provocam também o são. Uma chita amará tanto os seus filhos como uma mulher? Alguns animais são monógamos absolutos, isto é, têm apenas um parceiro sexual durante toda a vida, coisa que, todos o sabemos, não acontece com a maioria dos humanos. O que os une será o mesmo amor que, no nosso caso, é cantado pelos poetas? Há grandes objeções a esta ideia, a maioria de origem religiosa, já que na maioria das religiões o Homem é considerado um ser superior aos restantes animais. Mas também da parte dos "românticos incuráveis". Mas não será o Homem dominado pela natureza, quase escravo das suas pulsões naturais, uma das essências do ideal Romântico?

Referências

- [1] <http://blogs.scientificamerican.com/thoughtful-animal/2013/10/10/youll-never-guess-how-biologists-lure-jaguars-to-camera-traps>.
- [2] S. Shaik, Chemistry - A Central Pillar of Human Culture, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2003**, 42, 3208.
- [3] P. Kirsch, C. Esslinger, Q. Chen, D. Mier, S. Lis, S. Siddhanti, H. Gruppe, V.S. Mattay, B. Gallhofer, A. Meyer-Lindenberg, Oxytocin modulates neural circuitry for social cognition and fear in humans, *J. Neurosci.* **2005**, 25 (49), 11489–93.
- [4] S. Kuchinskas, The chemistry of connection: How the oxytocin response can help you find trust, intimacy, and love, New Harbinger Publications, **2009**, p. 65.
- [5] A. Szabo, E. Billett, J. Turner, *Br. J. Sports Med.* **2001**, 35, 342.

Porque é que as moléculas gostam de namorar em espaços apertados?

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/wvv0ix70z/streaming.html?locale=pt>

Moisés L. Pinto

CERENA, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Existem alguns tipos de materiais porosos que possuem poros muito pequenos, da dimensão das moléculas. Alguns destes materiais são conhecidos desde a antiguidade e muitos outros têm sido desenvolvidos nas décadas recentes, para muitas aplicações tecnológicas. O facto de terem poros muito pequenos e em grande quantidade, faz com que a área de contacto da superfície desses sólidos com o meio envolvente seja muito elevada. De facto, hoje em dia existem materiais com mais de 6000 m² por grama de material. Isto quer dizer que 10 grama de material tem uma área equivalente a 6 campos de futebol! Estas elevadas áreas específicas fazem com que muitas das suas propriedades estejam relacionadas com as suas características porosas e de superfície. Os poros destes materiais têm dimensões na ordem de alguns nanómetros (1 nm = 10⁻⁹ m), ou seja, cerca de dez a cem mil vezes inferiores à espessura de um cabelo.

Estes materiais porosos podem ser quimicamente constituídos por estruturas orgânicas, estruturas inorgânicas ou estruturas híbridas, em que uma parte é orgânica e outra é parte é inorgânica, organizadas de forma alternada e regular. Os carvões ativados (Figura 1) são dos exemplos mais conhecidos e antigos deste tipo de materiais, pois existe registo de aplicações à medicina, pelos Egípcios (1500 a.C.), por Hipócrates e Plínio (460 a.C.) e por Galeno, enquanto os Fenícios (460 a.C.) terão aplicado, pela primeira vez, o carvão ativado na purificação de água [1]. Com exemplo dos materiais inorgânicos, temos as argilas e os zeólitos (Figura 1), naturais ou sintéticos, que são silicoaluminatos cristalinos e que, nalguns casos, podem ter cargas negativas na estrutura tridimensional que são compensadas por catiões de troca na superfície. Mais recentemente, têm sido desenvolvidos muitos tipos de materiais porosos híbridos. São exemplos disso as organosílicas mesoporosas periódicas ou as redes

metalorgânicas (Figura 1). No primeiro caso, os ligandos de organosilanos estão ligados entre si por pontes de sílica, formando um híbrido ligando-sílica [2]. No segundo caso, os ligandos estão em ponte entre nodos metálicos, por ligações de coordenação [3].

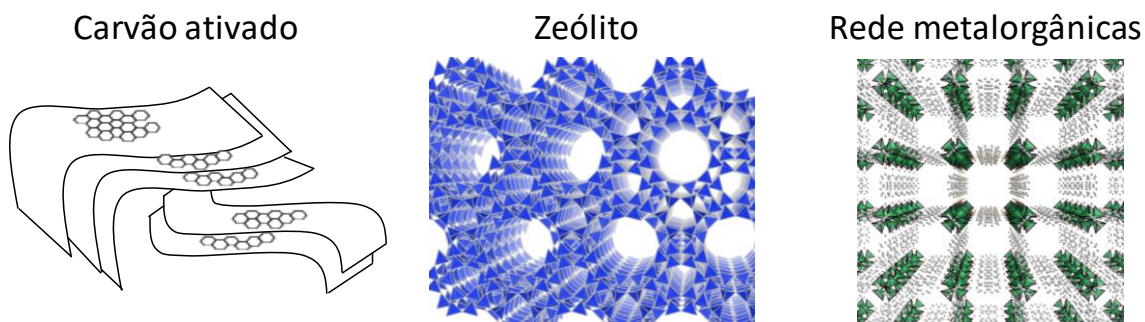


Figura 1 – Exemplos de materiais adsorventes. Nos carvões ativados os poros são entre os planos de grafite que se encontram desordenados. Para os zeólitos, apresenta-se o exemplo do ZSM-20, onde se pode ver os poros cilíndricos (os tetraedros azuis representam silício ou alumínio ligados por oxigénios). Para as redes metalorgânicas, apresenta-se o IRMOF-8, onde os tetraedros verdes representam zinco coordenado a carboxilatos orgânicos.

Uma das propriedades mais importantes deste tipo de materiais é a sua capacidade de terem elevadas concentrações de moléculas de gases ou líquidos no seu interior. Mas por que razão as moléculas “gostam” de ir para os espaços apertados no interior destes materiais? Uma elevada concentração de moléculas em espaços tão apertados faz com que as moléculas estejam muito juntinhas, como se estivessem a “namorar” umas com as outras. A razão desse “namoro” tem origem na atração das moléculas umas pelas outras e para com as superfícies sólidas. Na realidade, existe um potencial de atração entre todas as moléculas e as superfícies, que leva a este fenómeno de aumento de concentração na superfície, que designamos por **adsorção** [4]. Aos materiais que têm esta capacidade, chamamos de materiais adsorventes, ou, simplesmente, **adsorventes**. Diferentes tipos de superfícies e de moléculas podem levar a interações mais fortes, nuns casos que noutros, e isso pode fazer com que certas moléculas apresentem uma adsorção preferencial em certos materiais.

Os materiais adsorventes e o fenómeno da adsorção a eles associado, pode ser utilizado para um grande conjunto de aplicações (Figura 2). Uma das aplicações mais conhecidas é a remoção de poluentes gasosos do ar, como por exemplo, em máscaras de gás, filtros de automóveis ou em sistemas de ar condicionado. Os adsorventes são também bastante usados

para a remoção de poluentes, que não conseguem ser removidos por tratamentos convencionais, nas estações de tratamento de águas residuais, ajudando assim na descontaminação de águas. Na indústria química e de processos, alguns adsorventes têm um papel central na separação de misturas, líquidas ou gasosas, que são muito difíceis de separar com outras tecnologias. Outra aplicação muito interessante é o armazenamento de gases no interior dos poros, a pressões muito mais baixas do que ocorreria em garrafas de gás. Isto permite, por exemplo, armazenar gás metano (o principal componente do gás natural) dentro de contentores com estes materiais, a pressões muito mais baixas. Esta opção tem vindo a ser explorada para aplicação em veículos movidos a gás natural. Finalmente, estes materiais têm vindo a ser muito desenvolvidos para o armazenamento de moléculas com atividade terapêutica, no interior dos seus poros, para posterior libertação controlada e localizada, em sítios estratégicos do corpo humano. Esta abordagem pretende alcançar uma maior eficácia das terapias, minimizando os efeitos secundários.

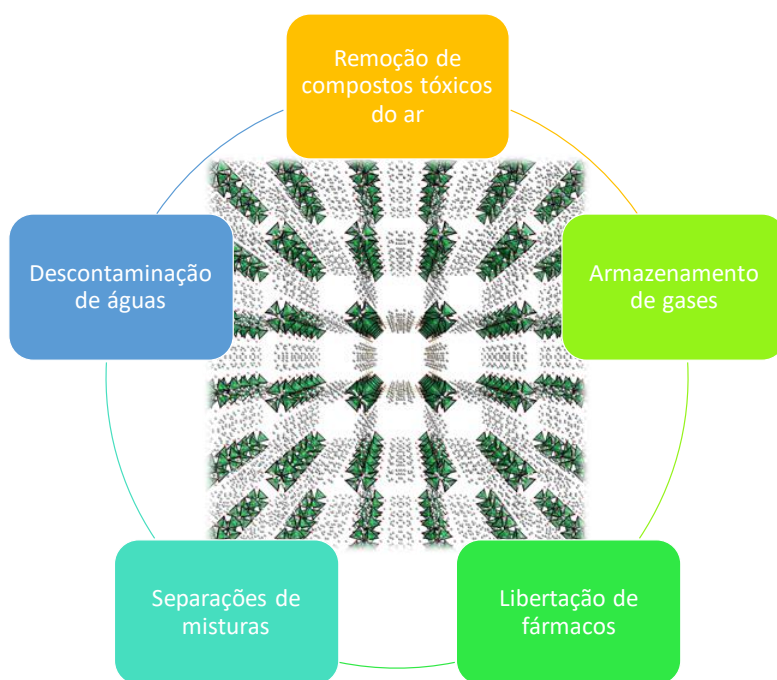


Figura 2 – Principais áreas de aplicação dos materiais adsorventes.

O “namoro” das moléculas dentro dos poros pode ter, por vezes, consequências na alteração da própria estrutura molecular. De facto, em certas circunstâncias de pressão e temperatura, as moléculas podem passar do “namoro” ao “casamento”, dado que podem formar entre si

ligações mais permanentes, isto é, **ligações químicas**, dando origem a novas espécies (Figura 3). Os materiais adsorventes promovem estas reações, pois conseguem aproximar mais as moléculas umas das outras, devido ao fenómeno de adsorção dentro dos poros. O tamanho dos poros e a sua interligação condicionam o tipo de reações e os produtos que se formam. Há, no entanto, propriedades de superfície, tais como a acidez ou basicidade superficiais, que desempenham um papel ainda mais crucial na promoção das reações. Quando estes adsorventes são utilizados para aumentar a velocidade de uma reação, estes materiais são então designados por **catalisadores** [5]. Os zeólitos são, sem dúvida, os materiais porosos que melhor ilustram a importância dos catalisadores, pois são amplamente utilizados na indústria química e petroquímica, na produção de inúmeros produtos. Essa grande utilização deve-se à sua elevada robustez estrutural, à capacidade de troca iónica para incorporação de diferentes centros metálicos na superfície e também à possibilidade de poderem ter diferentes formas de poros [6].

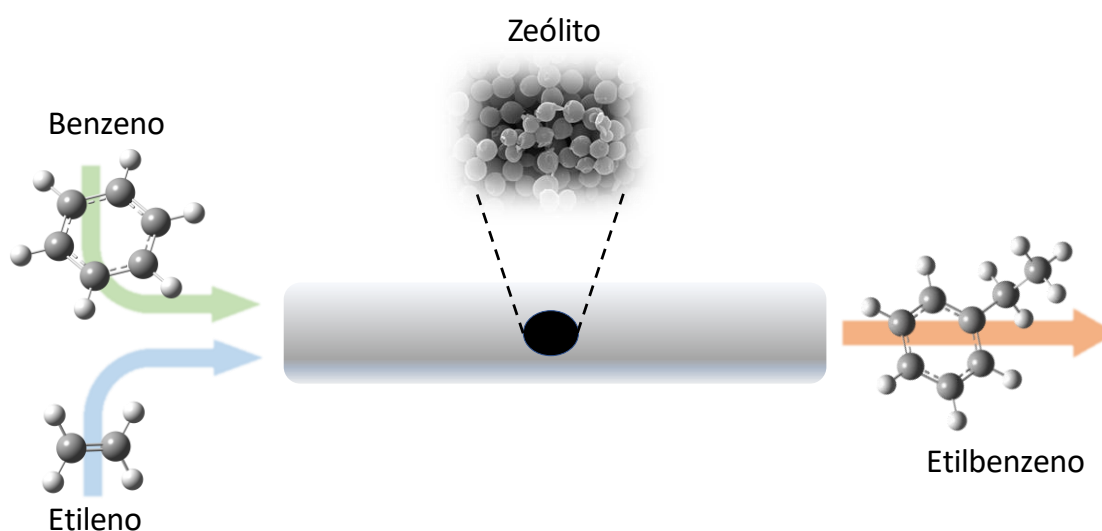


Figura 3 – Alguns materiais adsorventes podem ser aplicados como catalisadores na indústria. Por exemplo, o etilbenzeno pode ser produzido utilizando um leito com partículas de zeólito com catalisador sólido.

Nos anos mais recentes, tem existido um grande desenvolvimento na área dos materiais adsorventes, com um crescimento quase exponencial do número de materiais, com diferentes estruturas conhecidas. Isto permite antecipar que, nos anos futuros, o número de aplicações irá seguramente aumentar, nomeadamente nas áreas da energia e dos materiais inteligentes multifuncionais.

Referências

- [1] A. Dabrowski, Adsorption - From theory to practice, *Adv. Colloid. Interface Sci.* **2001**, 93, 135–224.
- [2] S. Inagaki, S. Guan, T. Ohsuna, O. Terasaki, An ordered mesoporous organosilica hybrid material with a crystal-like wall structure, *Nature* **2002**, 416, 304–307.
- [3] M. Peplow, Materials science: The hole story, *Nature* **2015**, 520, 148–150.
- [4] R.T. Yang, Adsorbents: Fundamentals and applications, Hoboken, John Wiley & Sons, **2003**.
- [5] L. Lloyd L, Handbook of industrial catalysts, New York, Springer, **2011**.
- [6] A.W. Chester, E.G. Derouane (Eds.), Zeolite chemistry and catalysis, Dordrecht, Springer Netherlands, **2009**.

O que é o “Hidrogénio Verde? - como a Eletroquímica contribui para um Futuro sustentável”

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/1pg51guphw/streaming.html?locale=pt>

Alda Simões

Centro de Química Estrutural (CQE), Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

As formas da energia que usamos

Na nossa vida diária usamos energia de forma quase constante. Desde a energia elétrica para iluminação ou para alimentar aparelhos diversos, incluindo telemóveis ou computadores, ao gás, para esquentadores, fogões ou aquecedores, e passando pela energia proveniente da combustão de derivados do petróleo, como gasóleo ou gasolina, que permitem o funcionamento dos motores dos automóveis, por exemplo. A energia, em diferentes formas e com diferentes finalidades, é uma constante, e é difícil imaginar o mundo sem a facilidade de uso de todas estas formas de energia. A energia dá-nos qualidade de vida, conforto, e é essencial em qualquer sociedade moderna. Em termos políticos e geoestratégicos, o acesso a fontes de energia tem sido fonte de conflitos na cena internacional, em particular desde o advento e expansão da indústria automóvel.

As fontes de energia

Tradicionalmente, a eletricidade em Portugal provinha até há alguns anos em grande parte da queima de combustíveis fósseis, como é o caso do carvão, do petróleo e do gás natural. Estas são fontes naturais, que resultam de processos físico-químicos e biológicos na Natureza. Apesar da sua importância inestimável durante o século XX, estas fontes existem em quantidade limitada e por isso não podemos depender delas num futuro a longo prazo. Por outro lado, a queima de combustíveis fósseis gera poluição, com graves consequências, quer diretamente para a saúde de humanos e de outras espécies, quer através da emissão de gases de estufa, que provocam aquecimento global do planeta, com efeitos que ainda mal

imaginamos, mas que já vamos vendo através das alterações climáticas e catástrofes naturais, cada vez mais devastadoras.

Em Portugal, para além dos combustíveis fósseis, recorremos por exemplo à energia hidroelétrica, através de barragens; nas barragens é retida uma porção importante de água, que depois é libertada de forma controlada, e é a passagem da água numa turbina que, ao pôr um conjunto de máquinas em movimento, produz energia elétrica. Neste caso a energia pode ser armazenada nos períodos de menor consumo, bombeando de volta água para o nível superior, água essa que depois irá passar de novo na turbina e produzir energia elétrica. Na realidade, trata-se apenas de transformações de formas energia. A energia não se produz, apenas se transforma.

As energias “renováveis”

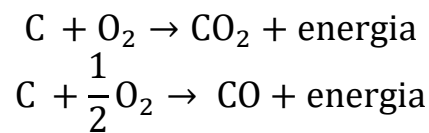
As energias renováveis são aquelas que provêm de recursos naturais que são naturalmente reabastecidos. Têm como grandes vantagens a ausência de gases de combustão, ao contrário dos processos de queima dos combustíveis fósseis, e o facto serem geradas continuamente, pelo que não consomem recursos; diz-se por isso que são mais sustentáveis. É o caso da radiação solar, mas também do vento, das marés e da energia geotérmica. Alguns países são ricos em energia geotérmica, com destaque para a Islândia, que abastece o seu território na totalidade com esta fonte de energia, ao passo que em Portugal a geotermia se encontra restrita ao arquipélago dos Açores [1]. Por outro lado, as energias solar e eólica são abundantes no território de Portugal continental. Em particular, a energia eólica para produção de eletricidade tornou-se uma fonte importante na rede pública ao longo dos últimos 20 anos.

As energias renováveis gozam das vantagens de não terem recursos limitados e de não serem poluentes, mas padecem do problema de não estarem permanentemente disponíveis. Assim, só podem constituir uma verdadeira alternativa, se forem suscetíveis de armazenamento. Como não é possível armazenar diretamente o vento nem o sol, há que procurar formas alternativas de atingir esse objetivo.

Recentemente o hidrogénio tem sido muito falado. Então, de onde vem o hidrogénio e como podemos usá-lo? O que tem o hidrogénio a haver com o armazenamento de energia?

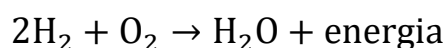
O hidrogénio é o elemento mais comum no Universo, mas não existe na Terra na sua forma elementar, ou seja, surge naturalmente combinado com outros átomos. O hidrogénio é usado em muitas indústrias e é um combustível muito eficiente e não poluente, já que da sua combustão resulta apenas vapor de água.

De facto, a combustão dos combustíveis fósseis produz, para além de muitos compostos poluentes (como é o caso dos óxidos de enxofre e de nitrogénio), compostos de carbono, nomeadamente dióxido e monóxido de carbono.



O CO₂, bem como outros gerados nos processos de queima, tem efeito de estufa, já que absorve radiação infravermelha proveniente da superfície do planeta, dificultando a sua libertação para o espaço. Por outro lado, o monóxido de carbono é um gás tóxico. Para além destes compostos, que resultam diretamente da combustão do carbono, existem muitas outras substâncias que fazem parte do petróleo e que são lançados na atmosfera, e que também têm efeito de estufa ou de toxicidade.

Por outro lado, a combustão do hidrogénio tem, como único produto, água:



Isto faz da combustão do hidrogénio puro um processo limpo e ecologicamente ideal, pois não produz qualquer forma de poluição.

Tradicionalmente, o hidrogénio é obtido por reformação de derivados do petróleo, em que vapor de água a alta temperatura reage com um combustível hidrocarboneto, em geral gás natural. Como provém de hidrocarbonetos, a sua produção lança mais uma vez subprodutos do petróleo na atmosfera, contribuindo para a poluição e o efeito de estufa. Chama-se ao hidrogénio obtido desta forma “hidrogénio cinzento”.

O hidrogénio pode também ser obtido de forma pura, por um processo de eletrólise da água. A eletrólise é um processo eletroquímico, em que se transforma energia elétrica em energia química; quando aplicado à água, resulta na decomposição em hidrogénio e oxigénio. O hidrogénio e o oxigénio contêm, portanto, mais energia do que a água, pelo que a reação não é espontânea. O hidrogénio obtido por eletrólise da água, e recorrendo diretamente à eletricidade proveniente de energias renováveis (por exemplo, de células fotovoltaicas), é chamado “hidrogénio verde”. Este é um processo limpo, porque não produz gases indesejáveis nem na transformação do hidrogénio, nem mesmo na produção da eletricidade usada na eletrólise.

Então e o processo inverso da eletrólise, a síntese da água?

Quando uma reação química requer o fornecimento de energia para se dar, ou seja, quando é termodinamicamente desfavorável, a reação oposta será espontânea. Sendo a eletrólise da água uma reação não espontânea, a sua oposta deverá, portanto, ser espontânea. Este princípio foi aplicado em 1842 pelo cientista britânico William Grove, que provou o conceito de uma célula eletroquímica de combustão do hidrogénio (Figura 1).

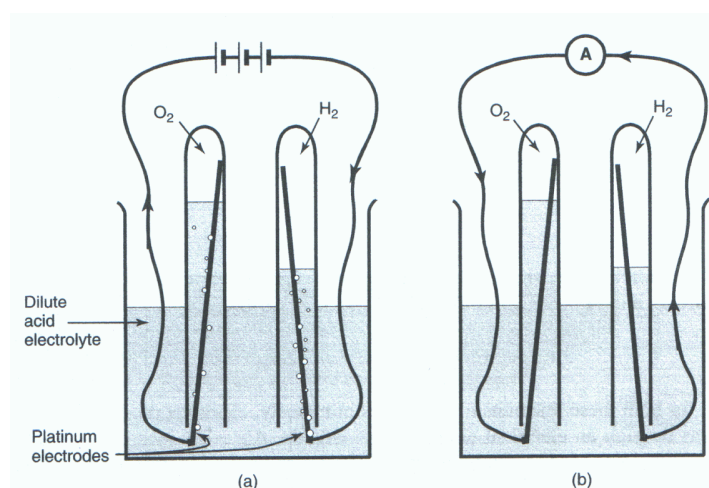


Figura 1 – Eletrólise da água, em que a água é dissociada em oxigénio e hidrogénio (a) e célula de Grove, em que é gerada uma pequena corrente elétrica à custa da síntese da água (b) [2].

A reação não é fácil de realizar em termos práticos, porque envolve dois gases como reagentes e um líquido - e eletricidade - como produto. Além disso, para que se possa utilizar a energia

elétrica, é necessário que as reações ocorram em regiões fisicamente separadas entre si, de forma que a corrente elétrica circule externamente à célula. O princípio demonstrado por Grove foi implementado na era moderna pela agência espacial americana, NASA, na alimentação de energia elétrica às naves espaciais, inicialmente no projeto *Gemini* e mais tarde em sucessivos projetos de exploração espacial, incluindo o *Space Shuttle* (Figura 2).

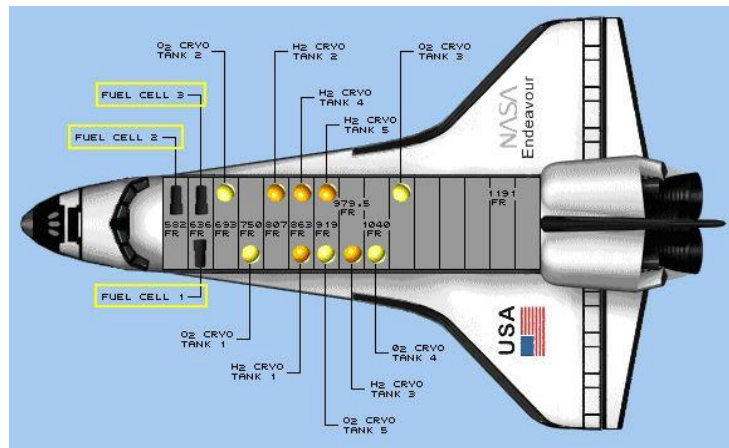
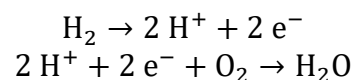


Figura 2 – Esquema de distribuição das células de combustível no veículo espacial *Space Shuttle* [3].

Uma célula de combustível é então um reator eletroquímico em que no ânodo o hidrogênio molecular é oxidado a íons H^+ e no cátodo o oxigênio é reduzido a água:



A tecnologia apresenta algumas dificuldades, nomeadamente a necessidade de transportar íons hidrogênio através da célula. Para isso usa-se uma membrana com propriedades particulares, que permite o movimento desses íons enquanto bloqueia outros íons e espécies neutras (Figura 3). Esta membrana designa-se “membrana seletiva iónica” e é um dos componentes mais caros e sensíveis da célula. Por outro lado, o hidrogênio é difícil de armazenar, é fugaz e pode ser explosivo se misturado com ar em determinadas proporções, pelo que a construção é delicada.

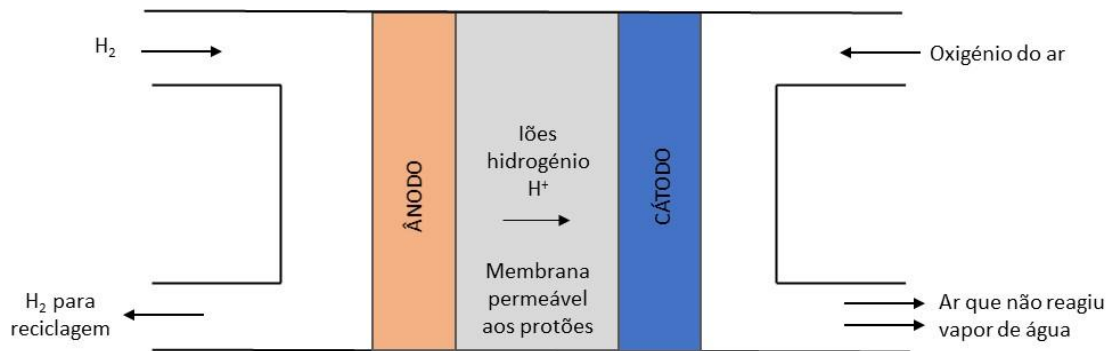


Figura 3 – Esquema de uma célula de combustível a hidrogénio e ar.

Uma das vantagens desta tecnologia é o baixo consumo de reagente. Do lado do cátodo usa-se ar. Quanto ao combustível (hidrogénio), os consumos são muito baixos, já que o hidrogénio é leve e tem uma capacidade grande de armazenagem. Por exemplo, uma célula de combustível de 1.0 MW (DC) operando com voltagem de 700 mV, com hidrogénio puro e taxa de conversão de 80%, necessita de 9.4×10^{-6} mol H_2/s , ou seja, apenas 68 mg de H_2/s . Então, será possível usarmos hidrogénio para controlar o efeito de estufa? Bom, esse é o plano por detrás do “hidrogénio verde”. As células de combustível com recurso a hidrogénio verde são na prática uma tecnologia limpa de produzir eletricidade, baseada na Eletroquímica. O plano é, portanto, produzir hidrogénio através da decomposição (eletrólise) da água, usando como fonte de energia eletricidade proveniente de centrais fotovoltaicas. O hidrogénio assim produzido pode ser usado no processo inverso, em células de combustível, para produzir de novo eletricidade, e água. É um novo “ciclo da água”, ou “ciclo do hidrogénio” (Figura 4).

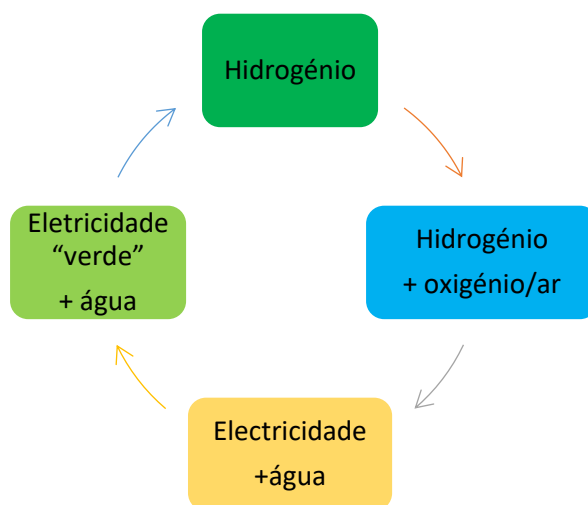


Figura 4 – Esquema do ciclo da água e do hidrogénio “verde”.

Note-se que, para além desta aplicação, o hidrogénio pode ser usado em muitas outras aplicações industriais [4], que não envolvem eletroquímica, mas que ainda assim são mais limpas, já que não produzem dióxido de carbono nem outros gases poluentes (Figura 5).

As formas de energia baseadas no sol e no vento representam uma oportunidade única para Portugal, mas também para um vasto conjunto de países, que em 2016 assinaram um tratado - conhecido como Acordo de Paris - em que se comprometem a tomar medidas e políticas de redução das emissões de gases responsáveis pelo efeito de estufa, a partir de 2020. Neste âmbito, Portugal submeteu às Nações Unidas o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050), que constitui a sua Estratégia de Desenvolvimento a Longo Prazo com Baixas Emissões de Gases com Efeito de Estufa. Este roteiro estabelece a trajetória para atingir a neutralidade carbónica em 2050, define as principais linhas de orientação, e identifica as opções eficazes para atingir aquele fim.

Também a Comissão Europeia está particularmente atenta ao flagelo das alterações climáticas e à degradação do meio ambiente. Assim, estabeleceu o Pacto Ecológico Europeu [5], que visa modernizar e descarbonizar a economia da UE, garantindo que:

- as emissões de gases com efeito de estufa sejam nulas em 2050
- o crescimento económico esteja dissociado da utilização de recursos.

Este é um desafio gigantesco, que levará a uma terceira revolução industrial, mas que é considerada essencial na proteção do planeta.

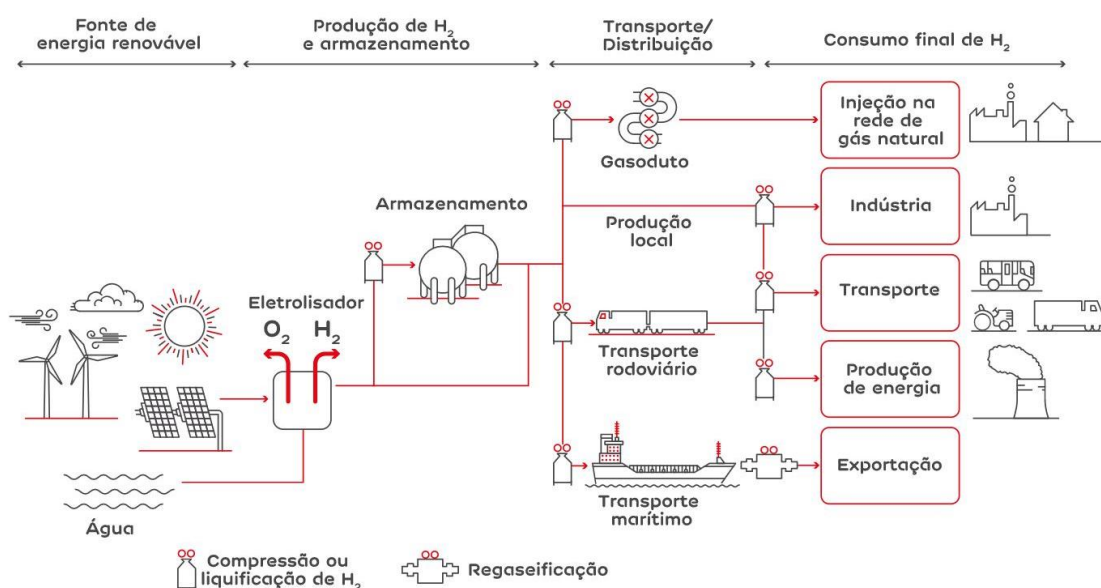


Figura 5 – Utilizações possíveis de hidrogénio verde. Fonte: Grupo EDP [4].

E as fontes ditas “renováveis”, não estão sujeitas a problemas?

Como vimos, um dos maiores problemas das energias renováveis é o seu carácter intermitente. O sol só brilha durante o dia e o vento é imprevisível e incontrolável. Daí que o recurso a técnicas de armazenagem de energia seja essencial.

Outra dificuldade é a distribuição geográfica heterogénea das fontes de energias renováveis, o que faz com que o abandono dos combustíveis tradicionais seja difícil em muitas regiões do globo.

Finalmente, o custo envolvido é bastante elevado relativamente às energias convencionais. Atualmente, a eletrólise da água é uma tecnologia madura, mas os custos associados à energia fotovoltaica são ainda muito elevados.

Este é, portanto, um processo difícil, embora essencial e urgente para garantir a sustentabilidade do planeta.

Nos últimos tempos tem-se falado em riqueza e pobreza energética. A “pobreza energética” pode ser definida como uma situação em que uma parte importante da população não tem rendimentos que lhe permitam ter condições adequadas de conforto térmico em casa, normalmente no Inverno, mas também no Verão. Neste aspecto, Portugal tem muito trabalho a fazer, já que a energia é cara e fortemente dependente das importações. Por outro lado, Portugal tem abundância de algumas energias renováveis, quer pelo grande número de horas de Sol, quer pelo vento que de resto tem levado a um grande desenvolvimento de parques eólicos. Essa é uma riqueza que há que explorar.

Outras formas de armazenamento eletroquímico

A Eletroquímica pode ser usada de outras formas, também inovadoras, de armazenagem e conversão de energias renováveis. As células redox escoamento são células comparáveis às células de combustível, com um cátodo e um ânodo, havendo redução e oxidação das espécies eletricamente carregadas. Existem, no entanto, duas diferenças fundamentais. Por um lado, estas células trabalham com iões dissolvidos, ou seja, com correntes líquidas, em vez de gases. Por outro lado, os reagentes circulam em circuito fechado, sendo oxidados ou reduzidos consoante a fase do processo. Não envolvem hidrogénio, mas sim outras espécies. Nos ciclos de carga e descarga alterna-se entre a utilização de eletricidade para promover reações não

espontâneas (carga) e a reação oposta, que liberta eletricidade (descarga). No mesmo elétrodo dá-se por isso oxidação ou redução, alternadamente (Figura 5) ao passo que na célula de combustível cada elétrodo tem sempre a mesma reação, anódica ou catódica. Estas células podem também ser acopladas a estações de energia solar ou eólica, armazenando ou libertando energia elétrica à medida das necessidades. No Instituto Superior Técnico temos vindo a investigar este tema, em particular no respeitante às células baseadas na química do vanádio (Figura 6).

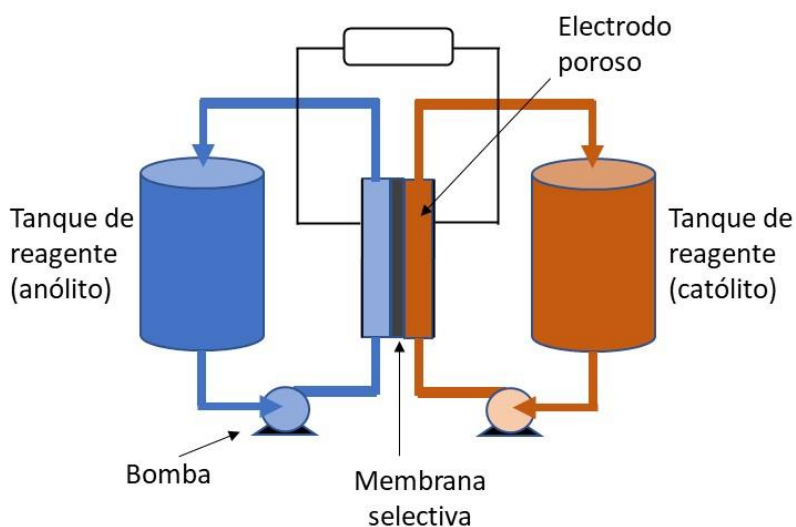


Figura 5 – Esquema de célula redox de escoamento.

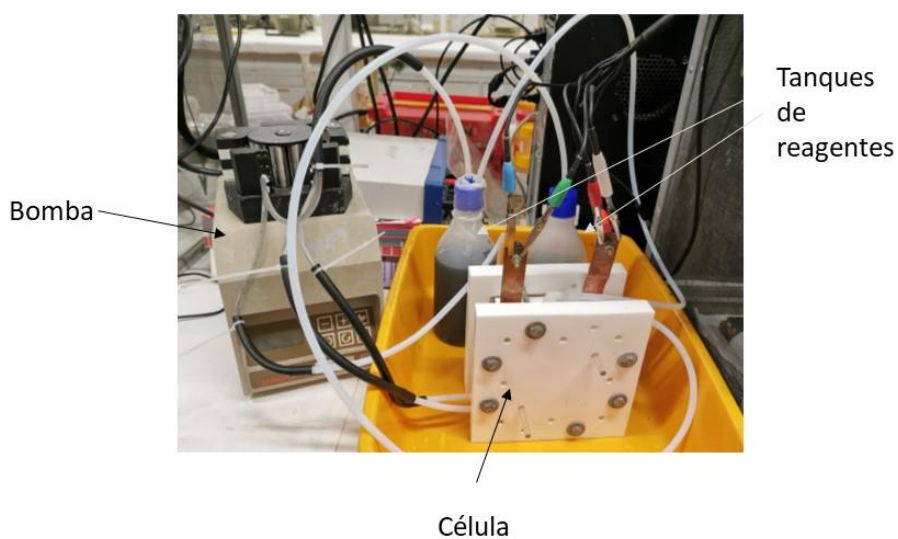


Figura 6 – Célula redox de escoamento usada em testes laboratoriais [6].

A Eletroquímica, em comparação com outras áreas da Química, é mais seletiva, mais limpa e abre novos e promissores campos de desenvolvimento da indústria. Em particular, no desafio do combate às alterações climáticas, a Eletroquímica irá nos próximos anos desempenhar um papel fulcral no progresso da sociedade e numa nova revolução industrial, que se avizinha. Fica aqui o desafio para o estudante interessado em Química ou Engenharia Química, que poderá encontrar na Eletroquímica uma área com muito por explorar e com grande futuro.

Referências

- [1] <https://observador.pt/opiniao/geotermia-uma-oportunidade-energetica-a-ganhar/>, consultada em 06/09/2021.
- [2] James Larminie, Andrew Dicks, “Fuel Cell Systems Explained”, John Wiley & Sons, Chichester, England, 2nd ed., 2003.
- [3] https://www.nasa.gov/pdf/519340main_AP_ED_Chem_FuelCell.pdf, visitado em 06/09/2021.
- [4] <https://www.edp.com/pt-pt/historias-edp/os-superpoderes-do-hidrogenio>, visitado em 06/09/2021.
- [5] https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt, visitado em 06/09/2021.
- [6] Joana Dias Fonseca, “Electrochemical Impedance Characterization of a Vanadium Redox Flow Battery”, Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão da Energia, Instituto Superior Técnico, 2021.

O que faz um Engenheiro Químico

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/2rj4lol9by/streaming.html?locale=pt>

Sebastião S. Alves

Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Sem produtos químicos a vida moderna seria impossível. Sem Química não se conseguem fabricar produtos químicos indispensáveis. Sem **Engenharia Química** não se conseguem fabricar produtos químicos nas quantidades apreciáveis necessárias à sociedade moderna. O engenheiro químico não é um químico. Sabe química, mas tem que saber **produzir em quantidade**.

1) Viver sem Química

Sem a Química e os seus produtos produzidos **em quantidade**:

- Não teríamos cimento, aços, plásticos, tintas, aglomerados de madeira, vidro, ou seja, os nossos edifícios colapsavam.
- Não haveria plásticos, aglomerados de madeira, tintas, vidro, ligas metálicas, ou seja:
 - Muitas das nossas mobílias e eletrodomésticos desapareciam.
 - A caixa da televisão evaporava-se: lá se iam a telenovela, as séries...
 - Sem as embalagens de plástico e vidro e cartão e papel, o leite e os sumos e o açúcar e o vinho derramavam os conteúdos nos armários e no frigorífico e nas bancadas, e era uma grande mixórdia...
- Não haveria fibras, corantes, resinas e plásticos, ou seja, botões e elásticos da nossa roupa (quando não a própria roupa) desapareciam, com consequências escandalosas para o decoro...
- Não haveria papel, plástico, tinta, materiais para eletrónica: acabavam-se os livros, mas também os computadores.
- Não haveria a maior parte dos produtos farmacêuticos. Voltava a morrer-se de infeções. Voltavam a tuberculose e a **peste**.
- Não haveria adubos: seria a **fome** em muito larga escala!

- Uma única coisa de bom: não haveria pólvora nem explosivos! A indústria da guerra voltava à bigorna e à carpintaria! **Porém**, nas pedreiras também voltávamos à picareta...

2) O que faz um Químico

Um químico lida com produtos químicos em pequenas quantidades: sabe sintetizá-los, modificá-los, separá-los, analisá-los. Foi o químico quem inventou os produtos existentes, será o químico a inventar os próximos. Exemplo: Considere-se a reação: $A + B \rightarrow B + C$.

O químico realiza a reação em bancada com material à escala de copos, tubos de ensaio e varetas de vidro para agitação.

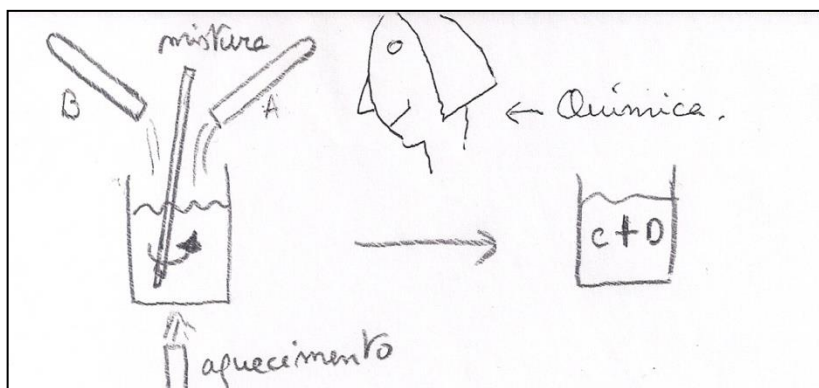


Figura 1 – Reação química em laboratório.

3) O que faz um Engenheiro Químico

O que o químico fez em ponto pequeno, tem o engenheiro químico que traduzir para toneladas:

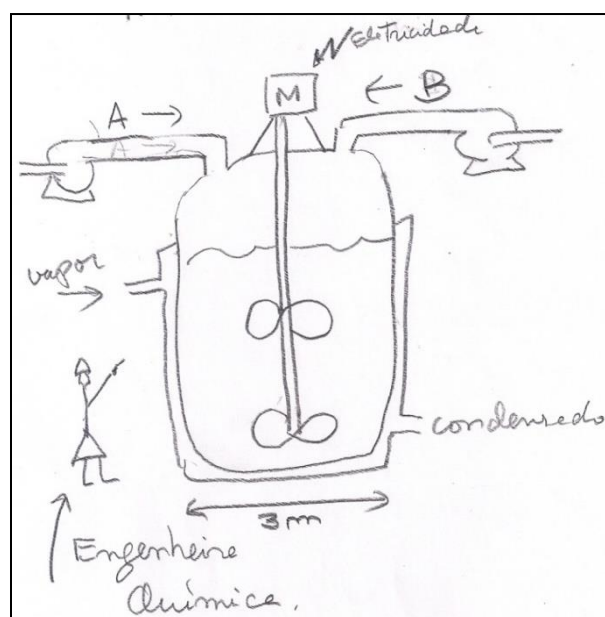


Figura 2 – Reação química em reator industrial.

Os problemas que o Engenheiro Químico tem que resolver neste caso incluem:

- Calcular o volume do reator – depende das quantidades necessárias dos produtos C + D e da velocidade da reação
- Definir o sistema de transporte de A e B, e C+D – diâmetro de conduta, escolha das bombas, eletricidade para as bombas
- Definir sistema de mistura – tipo e tamanho de agitadores, velocidade de agitação, eletricidade para o motor.
- Estabelecer maneira de aquecer ou arrefecer reação, consoante seja endotérmica ou exotérmica – calcular área de aquecimento e consumo de vapor ou água refrigerada.
- Estabelecer sistema de controlo de temperatura.
- Arranjar maneira de separar os produtos C e D, de forma a obtê-los puros – destilação? Evaporação e cristalização? Centrifugação ou filtração? Etc, etc. A **separação e purificação** dos produtos é normalmente o mais difícil num processo e ocupa a maior parte da fábrica.

Nem sempre o Engenheiro Químico está a fazer cálculos destes. Muitas vezes está a usar os seus conhecimentos de Matemática, Física Aplicada, Química, Tecnologia Química, Informática e Economia para fazer diagnóstico quando as coisas correm mal numa fábrica, propor melhoramentos e otimização, planear produção, gerir pessoal, etc.

A formação do Engenheiro Químico concede-lhe uma enorme flexibilidade (maior do que a da maioria das engenharias) e há engenheiros químicos a trabalhar em química, em investigação, em consultadoria, no ensino, na proteção ambiental, em informática, e na administração de empresas e países.

Uma Viagem Luminosa

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/1003v3id13/streaming.html?locale=pt>

Vasco D.B. Bonifácio

iBB – Instituto de Bioengenharia e Biociências, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

A química é uma ciência extraordinária. Os fenómenos que observamos no dia a dia desafiam a nossa imaginação e despertam curiosidade. Parece-me magia, mas não... tudo tem uma explicação. A vontade de sabermos mais sobre o que nos rodeia conduz-nos a novas perguntas, e este é um processo contínuo que alimenta o progresso do conhecimento. Pequenos passos que se transformam em grandes descobertas.

Eficiência e Sustentabilidade

Nas últimas décadas temos assistido a uma revolução energética. Contudo esta evolução tem-se mostrado muitas vezes prejudicial ao meio ambiente. Um exemplo é a poluição luminosa, a qual é fruto de uma banalização e massificação da iluminação artificial (Figura 1). Para além dos custos energéticos associados, a poluição luminosa perturba a nossa saúde e interfere com os ecossistemas. O desaparecimento dos pirilampos é uma das consequências mais evidentes. Quando foi a última vez que viram um pirilampo? Alguma vez viram um pirilampo numa cidade ou vila? Mesmo em pequenas aldeias já é difícil observá-los. O excesso de iluminação impede a sua reprodução, uma vez que o ritual de acasalamento entre o macho e a fêmea necessita de um ambiente escuro para se os seus abdómens iluminados possam transmitir mensagens entre espécies. A fêmea ilumina-se quando reconhece o piscar característico do macho da sua espécie.

A diminuição da poluição luminosa está ao nosso alcance, pelo que podemos contribuir para um planeta mais sustentável desligando as luzes sempre que estas não forem estritamente necessárias. O último apaga a luz!

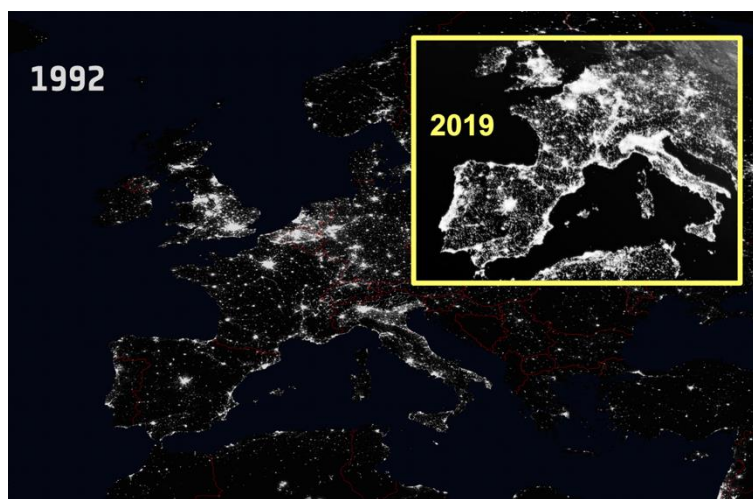


Figura 1 – Poluição luminosa na Europa. Comparação dos mapas obtidos em 1992 e em 2019. Adaptado de <http://www.savethenight.eu>.

LEDS

A descoberta do LED (abreviatura para *Light-Emitting Diode*, díodo emissor de luz) remonta ao ano de 1927, pelo cientista Russo Oleg Losev. Contudo a sua produção, suficientemente eficiente para aplicações práticas, ocorreu apenas em 1993. Este avanço técnico conduziu à atribuição do Prémio Nobel da Física a três cientistas japoneses em 2014 [1]. Os LEDS foram considerados pelo Comité Nobel como “uma nova luz para iluminar o mundo”. De facto, a iluminação por LEDS proporcionou um grande avanço na eficiência e na sustentabilidade da iluminação. O uso dos LEDs encontra-se profundamente disseminado na nossa sociedade e tem vindo a substituir, gradualmente, a iluminação por lâmpadas incandescentes (usando filamento de tungsténio) e fluorescentes (usando gases inertes, mercúrio e fósforo).

Para além da iluminação clássica, os LEDS podem ter múltiplas aplicações, algumas até inesperadas como pestanas iluminadas ou tratamento de problemas gastrointestinais [2]. Contudo a revolução LED continua. O desenvolvimento de LEDS orgânicos (OLEDS), recorrendo a polímeros conjugados [3] e com total flexibilidade, permitiu o desenvolvimento de ecrãs de televisores, telemóveis e outros equipamentos. Mais recentemente, surgiram LEDS incorporando uma matriz ativa (AMOLEDs). Esta tecnologia está em grande expansão no fabrico de ecrãs de telemóveis, permitindo uma maior definição de imagem.

Uma propriedade interessante dos LEDS é a sua mudança de cor quando submetidos a temperaturas muito baixas. Por exemplo, se mergulharmos um LED de cor laranja em nitrogénio líquido ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) podemos observar a sua mudança de cor para verde (Figura 2).

Esta mudança de cor do LED é reversível, voltando a observar-se a cor laranja quando atinge novamente a temperatura ambiente. Este fenómeno pode ser explicado pelo aumento do intervalo de energia, que ocorre a baixa temperatura, na interface dos materiais que compõem o LED. A mudança da cor laranja (maior comprimento de onda, menor energia) está relacionada com este aumento de energia, que conduz a uma emissão na região do verde (menor comprimento de onda, maior energia).

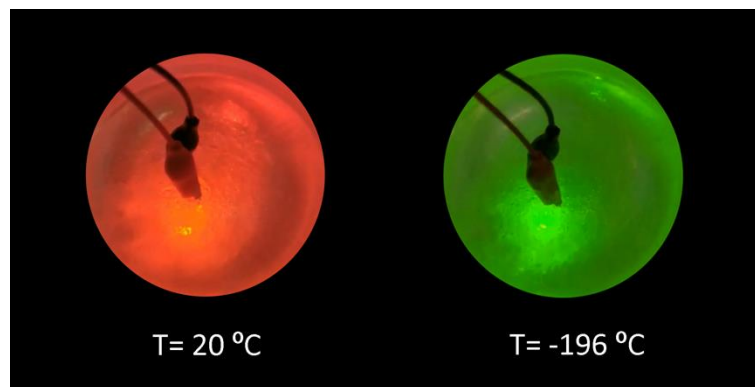


Figura 2 – LEDs gelados. Experiência usando um LED laranja (esquerda), mergulhado em nitrogénio líquido (direita).

LASERS

Algumas décadas atrás um LASER (abreviatura para *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) era apenas um fenómeno da ficção científica. A divulgação dos LASERS foi muito impulsionada por filmes como *Star Wars* (Guerra das Estrelas), um filme de ficção científica criado pelo cineasta George Lucas. Após a estreia em 1977, o filme alcançou um enorme sucesso à escala mundial tendo originado uma série de filmes, tendo o último (o 12º da sequência) estreado em 2019 com o título *The Rise of Skywalker* (A Ascensão de Skywalker). Hoje os LASERS fazem parte do nosso quotidiano, e são muitos os exemplos do seu uso, desde os leitores de códigos de barras até aos termómetros digitais, que permitem uma leitura da temperatura à distância (Figura 3).



Figura 3 – Exemplo de termómetro digital usando a tecnologia LASER.

O princípio de funcionamento de LASERS baseia-se na estimulação de elétrons por uma fonte de elevada energia, fazendo que neste processo de excitação ocorra uma inversão da população eletrónica num chamado “estado excitado” (maior energia) face a um “estado fundamental” (menor energia). A emissão de fótons correspondente ao decaimento do estado excitado para o estado fundamental origina um feixe de fótons com igual energia, a chamada emissão estimulada. A cor do LASER está associada à sua energia. Os LASERS de cor vermelha possuem uma menor energia (*e.g.* leitores de códigos de barras e termómetros), os verdes, embora mais energéticos, são seguros para a realização de cirurgia ocular (*e.g.* colagem da retina). Os LASERS de cor azul são os mais potentes e por esta razão conseguimos “escrever” em placas fosforescentes, como aquelas que encontramos nas saídas de emergência. Estas placas são produzidas usando sulfureto de zinco dopado com cobre ($\text{ZnS}:\text{Cu}^{2+}$), o material responsável pelo brilho (esverdeado) destes materiais no escuro. Este brilho corresponde a uma emissão lenta da luz absorvida pelo material, a qual denominamos fosforescência. Existem diversos produtos feitos com este material, permitindo a realização de diversas experiências usando luz azul (Figura 4).



Figura 4 – “Mão na lua”. Experiência usando uma lanterna de LEDs de cor azul e uma placa fosforescente. A foto mostra a impressão de uma mão após iluminação da placa.

Plasmas

O plasma é o quarto estado físico da matéria, e corresponde a um gás ionizado. As trovoadas e as nebulosas no Espaço são exemplos de plasmas formados naturalmente. No dia a dia também podemos encontrar exemplos de tecnologia que usam o plasma. Um desses exemplos são os ecrãs de televisão, cujo funcionamento se baseia na ionização de gases nobres contidos em pequenas células revestidas por fósforo. Mais recentemente, o plasma a frio tem vindo a adquirir uma importância crescente. Este facto fica a dever-se à sua capacidade de higienização de ambientes, purificação da água, desinfeção de alimentos e utensílios. Usando esta tecnologia é possível eliminar bactérias e vírus sem recorrer a produtos químicos, permitindo ainda uma enorme poupança de água.

Também é possível produzir plasma usando uvas e um micro-ondas (Figura 5). A ideia poderá ser estranha, mas foi investigada por cientistas no Canadá [4] após a experiência ter sido banalizada na internet nos últimos 20 anos. Este é um exemplo de como a ciência pode explicar fenómenos que observamos no dia a dia!



Figura 5 – Plasma de uvas [4]. Fenómeno observado quando as uvas são irradiadas num forno de micro-ondas.

Numa perspetiva mais lúdica, as bolas de plasma são uma forma divertida de observarmos o plasma. O conceito foi desenvolvido por Nikola Tesla em 1894 [5], mas só nos anos 1970 é que começaram a ser produzidas como as conhecemos hoje, contendo a esfera de vidro uma mistura de gases inertes (*e.g.* néon, cripton, xénon) que conferem ao plasma as cores características observadas. Uma propriedade interessante das bolas de plasma é a sua capacidade de ionizar a mistura de gases e mercúrio existente nas lâmpadas de fluorescência. A experiência é muito simples e transporta-nos para uma cena do filme *Star Wars*, afinal... a força está no Técnico!



Referências

- [1] Página oficial dos Prémios Nobel. URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2014> (acedido em 20.02.2021).
- [2] R. Raman et al., Light-degradable hydrogels as dynamic triggers for gastrointestinal applications, *Sci. Adv.* 2020, 6.
- [3] J. H. Burroughes et al., Light-emitting diodes based on conjugated polymers, *Nature* 1990, 347(6293), 539–541.
- [4] H. K. Khattak, P. Bianucci, A. D. Slepko, Linking plasma formation in grapes to microwave resonances of aqueous dimers, *PNAS* 2019, 116(10), 4000–4005.
- [5] N. Tesla, Incandescent electric light, Patente Americana US514170A, 06.02.1894.

Experiências *online*

Missão: Congelar!

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/1x4q3aq64l/streaming.html?locale=pt>

Vasco D.B. Bonifácio

iBB – Instituto de Bioengenharia e Biociências, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

O nitrogénio líquido tem algo de misterioso. A sua baixa temperatura, uns incríveis $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, provoca a condensação instantânea da água existente no ar. Este simples fenómeno confere às experiências usando nitrogénio líquido um ambiente mágico. Nos Laboratórios Abertos do DEQ, no IST, atividades abertas à comunidade realizadas desde 2005, o nitrogénio líquido tem sido usado em diversas experiências. O *Show do Azoto* foi pioneiro [1] com experiências como “O caldeirão das bruxas”, “O encantador de serpentes”, “O bafo condensado”, “A chaleira ruidosa”, “Banana split” e outras! Nos últimos anos têm sido desenhadas novas experiências usando nitrogénio líquido, são exemplo os “Balões que respiram” [2], o “Martelo amestrado” [3] e as “Bolas loucas” [4], pura magia para quem nos visita. Nos Laboratórios Abertos DEQ 2020 o nitrogénio foi à bola, literalmente (Figura 1).

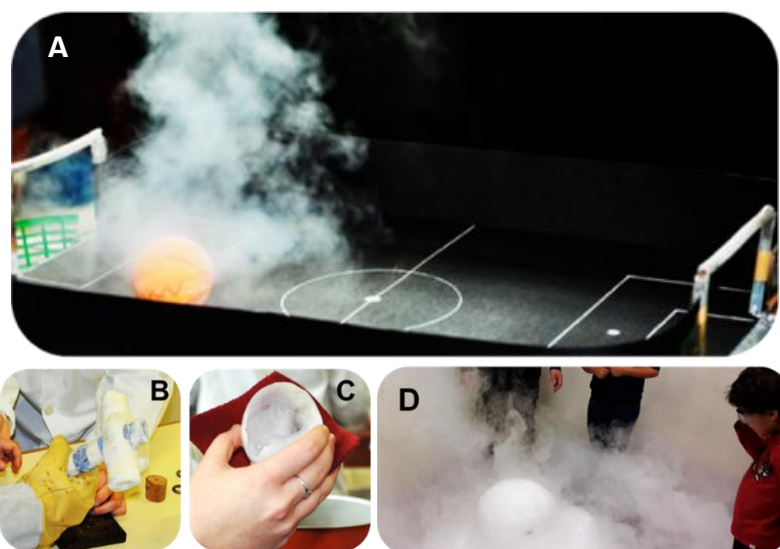


Figura 1 – O Nitrogénio vai à bola. Experiências a “Bola louca” (A), o “Martelo amestrado” (B), a “Bola de gelo” (C) e o “Caldeirão das bruxas” (D).

Este ano realizámos as experiências que são já um clássico no DEQ, mas introduzimos também uma novidade!

A experiência “Bolas loucas” passa-se num campo de futebol. Bolas de pingue-pongue (especialmente furadas) correm pelo campo e todos torcem para que a sua favorita marque... goooooooooo! A evaporação do nitrogénio contido dentro da bola fá-la gira loucamente, e algumas até dão saltos. As “Bolas de gelo” são de outro campeonato. Colocam-se balões cheios de água em banho de nitrogénio líquido e após um minuto removemos o balão, e a água líquida do interior, e ficamos com uma bola de gelo... perfeita para preparar uma bebida refrescante. No “caldeirão das bruxas” as bolas são outras. São aos milhares as bolas de sabão que saltam do caldeirão. O segredo desta poção está no nitrogénio líquido e na mistura de detergente e água quente.

Mas este ano a atração principal foram as “Bolas de cristal”. Bolas de sabão que transformam em “cristal fino” quando tocadas pela bruma mágica do nitrogénio. Só visto! Mas se ainda não viram podem ficar descansados, nós mostramos [5].

Num recipiente é adicionada uma pequena quantidade de nitrogénio líquido. Após alguns minutos observa-se a formação de névoa estável na superfície do recipiente. Neste momento adicionam-se bolas de sabão preparadas segundo uma receita especial [6]. Observa-se o congelamento das bolas na superfície do recipiente, semelhantes a bolas de cristal, que lentamente se depositam no fundo (Figura 2).



Figura 2 –Experiência “Bolas de cristal”.

Noutro local o nitrogénio também foi a estrela do DEQ. Ele e outras bolas, frescas e deliciosas... as bolas de gelado preparadas para os “kids”! O nitrogénio foi à bola e nós também!

Agradecimentos

Agradecemos ao Técnico de Laboratório, Jorge Teixeira, a ajuda (sempre com grande entusiasmo!) na preparação e montagem das experiências, em especial a sua contribuição para a execução da experiência “Bolas de cristal”. Agradecemos ainda à Rita Pires pela ajuda na preparação da experiência “Bolas de cristal” e ao Nuno Martinho pela elaboração do respetivo vídeo.

Referências

- [1] Clementina Teixeira, “Show do Azoto”, Laboratórios Abertos 2010, M.A. Lemos, C. Azevedo (Eds.), Instituto Superior Técnico, Lisboa, ISBN: 978-989-96933-0-2, **2010**, 57-58.
- [2] M. Fernanda N.N. Carvalho, José Armando. L. da Silva, “O ar que respiramos”, Laboratórios Abertos 2015, M.A. Lemos, C. Azevedo e D. Simão (Eds.), Instituto Superior Técnico, Lisboa, ISBN: 978-989-99508-2-5, **2015**, 80-84.
- [3] M. Fernanda N.N. Carvalho, José Armando. L. da Silva, “A energia do ar a temperatura muito baixa”, Laboratórios Abertos 2017, M.A. Lemos, C. Azevedo e D. Simão (Eds.), Instituto Superior Técnico, Lisboa, ISBN: 978-989-99508-4-9, **2017**, 77-80.
- [4] Maria João Ferreira, Luis G. Alves, José Armando L. da Silva, “Nitrogénio: Como relevante é o 7”, Laboratórios Abertos 2019, M.A. Lemos, C. Azevedo e D. Simão (Eds.), Instituto Superior Técnico, Lisboa, ISBN: 978-989-99508-6-3, **2019**, 33-36.
- [5] Experiência “Bolas de cristal”. Vídeo disponível no *Instagram* “sustanainanochem”. URL: <https://www.instagram.com/p/B9NcFH4JkJw> (acedido em 01.03.2020).
- [6] M.N. Berberan-Santos, C. Teixeira, “Bolas de sabão: Preparação, estrutura e propriedades”, QUÍMICA, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, **2004**, 94, 31-36.

Impossível? A Química Explica!

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/1nrzhuo4kb/streaming.html?locale=pt>

Diogo Rodrigues, Elisabete Pinto, Helena Vendas e João Fortunato

Núcleo de Engenharia Química do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Pasta de Dentes de Elefante [1-4]

Esta experiência é um clássico muito simples que produz enormes quantidades de espuma! Para esta experiência iremos precisar de peróxido de hidrogénio (mais conhecido como água oxigenada) que muitos de nós temos em casa, detergente líquido e uma solução de iodeto de potássio. Podemos usar, adicionalmente, corante, para dar alguma cor à nossa espuma! É importante referir que a reação de decomposição do peróxido de hidrogénio acontece naturalmente. Se deixarmos um frasco de água oxigenada aberto, passado algum tempo iremos acabar com água normal, tendo havido libertação de oxigénio.

Nesta experiência usamos o iodeto de potássio como catalisador. Um catalisador é uma substância que é adicionada a uma reação e aumenta a velocidade da mesma. Neste caso (Figura 1) o ião iodeto irá reagir com o peróxido de hidrogénio, formando o ião hipiodito, que por sua vez volta a reagir, com o peróxido de hidrogénio formando oxigénio. Nestas condições a libertação de oxigénio será muito mais rápida.

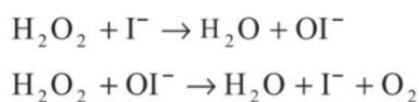


Figura 1 – Reação do peróxido de hidrogénio usando iodeto de potássio como catalisador.

As bolhas de oxigénio misturam-se com o sabão e formam uma grande quantidade de espuma, que fica colorida por causa do corante (Figura 2). Porém a realização desta experiência em larga escala pode ser perigosa, por duas razões: a reação é muito exotérmica,

isto é, liberta calor, e por isso a espuma resultante pode ficar muito quente; para além disso o oxigénio em grandes concentrações é um gás inflamável.



Figura 2 – “Pasta de dentes” de elefante.

Curiosidade: Esta experiência pode ser feita em casa! Podemos não ter iodeto de potássio nas nossas despensas, mas se usarmos água morna e fermento em vez de iodeto de potássio obtemos resultados parecidos!

Referências

- [1] Laboratórios Abertos 2020, ISBN: 978-989-99508-7-0, 114.
- [2] <https://lyrus58.wixsite.com/projeto-c-viva/post/pasta-de-dentes-de-elefante>, acedido em 20/02/21.
- [3] World's Largest Elephant Toothpaste Experiment, https://www.youtube.com/watch?v=Kou7ur5xt_4 acedido em 20/02/21.
- [4] NEW) World Record Elephant Toothpaste w/ David Dobrik, <https://www.youtube.com/watch?v=XXn4fP3CnJg>, acedido em 20/02/21.

Transformar moedas de cobre em Prata e Ouro! [1,2]

Será possível transformar moedas de cobre em prata e ouro?

A resposta é: Podemos criar moedas prateadas e douradas a partir das de cobre que se parecem muito com moedas de ouro e prata!

A experiência divide-se em três passos:

1º Passo: Lavagem das moedas de cobre (Figura 3) com uma solução ácida, por exemplo, ácido cítrico (do sumo de limão), para facilitar as reações.



Figura 3 – Lavagem das moedas de cobre.

2º Passo: Colocam-se as moedas numa solução de zinco e hidróxido de sódio, aquecendo-se, até ficarem prateadas.

O que acontece aqui é uma reação de oxidação-redução. Nas reações de oxidação-redução temos 2 espécies presentes, o oxidante (que se reduz captando eletrões) e o redutor (que se oxida fornecendo eletrões). Para sabermos, entre o cobre e o zinco qual é qual, temos de saber o potencial de redução padrão, quanto maior, mais facilmente esta espécie se reduz, tomando o papel de oxidante. Neste caso o cobre tem maior potencial de redução padrão e por isso é o oxidante. Este é o mecanismo utilizado nas pilhas (células eletroquímicas), onde ocorre fluxo de eletrões, sem que lhe seja fornecida energia.

O zinco sólido, ao ser misturado e aquecido numa solução de hidróxido de sódio, oxida a Zn^{2+} (um catião) e forma o ião zincato, $[Zn(OH)_4]^{2-}$. Este ião apresenta maior potencial de redução que o cobre, reduzindo-se a zinco enquanto o cobre se oxida a Cu^{2+} . Esta redução de zincato para zinco dá-se em toda a superfície da moeda, fazendo com que este se deposite uniformemente formando a moeda de “prata” (Figura 4)!



Figura 4 – Formação das moedas de “prata”.

3º Passo: Aquecimento direto das moedas de prata na chama até ficarem douradas (Figura 5). O que acontece? O zinco e o cobre da moeda fundem-se e formam o latão que é uma liga metálica de cor dourada!



Figura 5 – Formação das moedas de “ouro”.

Uma liga metálica é a junção de dois elementos (normalmente metais, mas nem sempre), o produto final apresenta características de ambos os constituintes, sendo por vezes muito vantajoso. Alguns exemplos de ligas metálicas são o aço (composto por carbono e ferro), o bronze (composto maioritariamente por cobre e estanho) e a liga produzida nesta atividade: o latão (composto por cobre e zinco). Esta liga é utilizada nas moedas douradas, como 10, 20 e 50 cêntimos.

Curiosidade: Em Portugal as únicas moedas que são feitas de cobre e que podem ser utilizadas para fazer esta atividade são as moedas de 5 cêntimos. Tanto as moedas de 1 e 2 cêntimos não são feitas de cobre, mas sim de uma liga metálica de cor semelhante. Isto acontece porque o custo de produzir as moedas em cobre seria superior ao valor da moeda em si.

Referências

[1] Laboratórios Abertos 2020, ISBN: 978-989-99508-7-0, 101.

[2] <https://www.youtube.com/watch?v=5fmRfsep450>, acessido em 20/02/21.

Um Fluido Especial [1-3]

Como é possível que um fluido se comporte como um sólido?

A resposta é: Este é um fluido especial denominado de fluido Não-Newtoniano.

Esta experiência está relacionada com a viscosidade, que é uma propriedade dos fluidos. Todos conhecemos este conceito quando falamos por exemplo do mel, utilizando a expressão é muito viscoso. Em termos científicos a viscosidade é a propriedade física associada à resistência ao escoamento que um fluido apresenta.

Para compreender melhor o que se passa nesta experiência temos de perceber que existem fluidos Newtonianos e Não-Newtonianos. A água é um exemplo de um fluido Newtoniano (Figura 6), segue a lei de Newton da viscosidade, isto é, apresenta uma resistência à deformação constante, comporta-se sempre como um líquido independentemente da força que é aplicada sobre ela.



Figura 6 – Fluido Newtoniano.

A mistura de farinha Maizena[®] com água é um exemplo de um fluido não-Newtoniano (Figura 7), sendo em específico um fluido dilatante. Esta mistura possui comportamentos diferentes, consoante a força que é aplicada sobre ela, quanto mais força for aplicada mais resistência o fluido oferece, sendo que chega a oferecer tanta resistência que o seu comportamento se assemelha aos sólidos.



Figura 7 – Fluido não-Newtoniano.

Referências

- [1] Laboratórios Abertos 2015, ISBN: 978-989-99508-1-8, 76.
- [2] ScienceMan Digital Lesson - Physics - Non-Newtonian Fluids,
https://www.youtube.com/watch?v=2mYHGn_Pd5M, acessido em 20/02/21.
- [3] What Kind of Liquid Lets You Run Across Its Surface? | Street Science,
<https://www.youtube.com/watch?v=JfppydyGHw>, acessido em 20/02/21.

Ursinhos Que Explodem [1,2]

Será possível transformar uma goma numa pequena bomba de luz?



A resposta é sim! Basta adicionarmos uma goma a clorato de potássio!

As gomas que frequentemente comemos são maioritariamente uma mistura de gelatina, corantes e açúcares, que neste caso é a sacarose.

O clorato de potássio é um agente oxidante muito forte, mas se o adicionarmos diretamente à goma nada irá acontecer! Temos de o

aquecer primeiro na chama, até que derreta e borbulhe.

Nesta primeira reação, o aquecimento do clorato de potássio (Figura 8) origina a sua decomposição em cloreto de potássio e oxigénio gasoso:



Figura 8 – Aquecimento do clorato de potássio.

A partir deste momento podemos adicionar o ursinho. Quando a sacarose das gomas entra em contacto com o clorato de potássio derretido reage violentamente com o oxigénio produzido pela reação anterior e a sacarose é oxidada, formando dióxido de carbono e água (Figura 9).

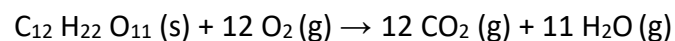


Figura 9 – Reação com a goma e chama rosa.

Com esta reação liberta-se uma grande quantidade de energia, sendo uma reação muito exotérmica, acompanhada de uma chama cor-de-rosa.

Coloca-se a pergunta: E se usássemos um ursinho de outra cor, a chama continuava a ser rosa? Resposta: Sim! A chama é cor-de-rosa por causa do potássio e não por causa da cor do ursinho.

Curiosidade: Sabem outra aplicação desta chama colorida do potássio? No fogo de artifício! Sempre que virem fogo de artifício cor-de-rosa, já sabem, é potássio!

Referências

[1] Laboratórios Abertos 2020, ISBN: 978-989-99508-7-0, 124.

[2] <https://owlcation.com/stem/Gummy-Bear-meets-Potassium-Chlorate-Experiment>, acessido em 20/02/21.

O Pepino que Brilha! [1]

Será possível fazermos uma lâmpada a partir de um pepino?

A resposta é sim! Basta aplicarmos eletricidade!

O pepino que utilizamos está embebido numa solução salina. Como muitos já sabem, a água salgada é uma excelente condutora de eletricidade. Isto acontece porque, quando se adiciona cloreto de sódio, NaCl (mais conhecido por sal de cozinha) os iões Na^+ e Cl^- circulam livremente pela água, note-se que os iões são partículas com carga associada, positiva e negativa respetivamente e por isso são capazes de transportar a corrente elétrica de forma muito eficiente. Neste caso os iões irão estar distribuídos por todo o pepino, fazendo com que este conduza muito bem a corrente elétrica.

A corrente ao percorrer o interior do pepino vai fornecer energia aos átomos e moléculas deste, com especial destaque para os átomos de sódio.

Ao fornecermos energia ao sódio, estes átomos irão emitir energia sob a forma de luz, que terá uma cor amarela/alaranjada (Figura 10).

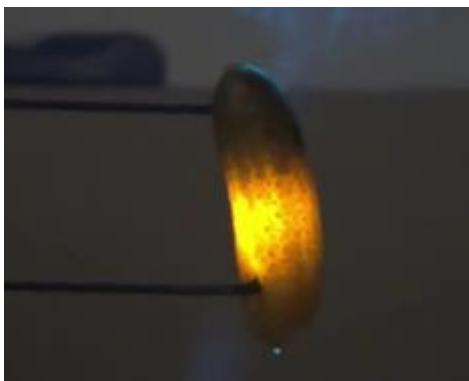


Figura 10 – Emissão de luz amarela pelos átomos de sódio do pepino.

Este processo é totalmente idêntico ao que acontece nas lâmpadas que usamos nas nossas casas. A cor amarela da luz indica-nos que as lâmpadas têm sódio!

Como visto anteriormente, o potássio tem uma chama cor-de-rosa e o sódio tem uma chama amarela. Deste modo, se tivermos uma amostra por analisar, através da cor da chama é possível descobrirmos alguns elementos que estão presentes na amostra.

O teste de chama é muito utilizado para a identificação de iões metálicos, como é o caso do potássio e do sódio, para além destes, outros catiões apresentam cores características como é o caso do Cu^{2+} (verde), Li^+ (magenta), Sr^{2+} (vermelho). Com o fornecimento de calor da chama os iões metálicos são excitados, depois disso, ao voltar para o estado fundamental os iões emitem radiações em diferentes comprimentos de onda, de onde vêm as diferentes cores.

Referências

[1] Laboratórios Abertos Júnior 2015, ISBN: 978-989-99508-1-8, 77.


Eu Química Orgânica

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/2hgid1grs/streaming.html?locale=pt>

Dulce Simão^a, Rita Pires^b, Vasco Bonifácio^b

^aCQE, DEQ, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

^biBB, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

É impossível não  química orgânica, pois é a química dos compostos de carbono e é a base de toda a vida na terra! O carbono tem uma extraordinária capacidade de constituir cadeias mais ou menos longas e de simultaneamente estabelecer ligações com vários elementos, como o oxigénio, o enxofre, o nitrogénio, o fósforo, os halogénios, entre outros dando origem a milhões de compostos. Deste modo, a química orgânica está em quase tudo o que conhecemos! No corpo humano, na alimentação, nos medicamentos, nos produtos de limpeza, cosmética, mas também no teu computador, mobília, automóvel, telemóvel, etc.... É frequente referirem-se aos produtos químicos sintéticos como sendo prejudiciais e aos produtos naturais como sendo benéficos para os seres vivos. Na realidade existem produtos naturais bastante tóxicos e produtos sintéticos inofensivos. Uma laranja por exemplo é constituída por dezenas de produtos químicos diferentes, que podem ser isolados através de diversos métodos de extração e separação. Estas moléculas, que existem na natureza, podem também ser obtidas a partir de outros compostos químicos através de reações químicas, exatamente com as mesmas propriedades, conhecida como síntese orgânica. Além destas, muitas novas moléculas podem ser preparadas, úteis no desenvolvimento de novos materiais, fármacos e outras biologicamente ativas. Muitos destes compostos podem apresentar um aroma agradável, cores intensas ou emitirem luz e devido a essas propriedades têm aplicações específicas no nosso dia-a-dia. Nas seguintes experiências mostra-se como se pode isolar um composto orgânico de um produto natural e como obtê-lo através de transformação (reação) química, ilustrando alguns dos procedimentos habituais num laboratório de química orgânica. Mostram-se ainda alguns fenómenos que relacionam a química com a luz.

Extração e purificação do limoneno do óleo de laranja

O óleo de laranja é obtido por extração mecânica da casca de laranja e é utilizado na indústria dos sumos (Figura 1).



Figura 1 – Laranja, óleo de laranja e sua utilização na indústria dos sumos.

Este contém mais de 30 constituintes, no entanto 95% desse óleo é limoneno, composto responsável pelo aroma da laranja. Por esta razão é usado como aromatizante nas indústrias farmacêutica, de cosmética e alimentar (Figura 2).



Figura 2 – Produtos da indústria que contêm limoneno como aromatizante.

Este composto orgânico é constituído por átomos de carbono e hidrogénio (Figura 3).

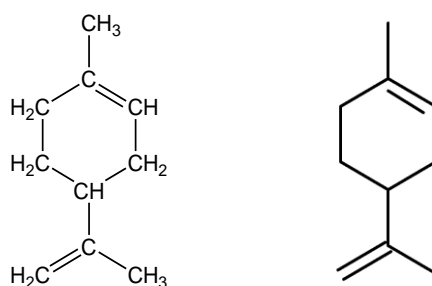


Figura 3 – Duas fórmulas de estruturas químicas do limoneno.

Nesta experiência, mostramos como podemos isolar o limoneno através da destilação por arrastamento de vapor [1,2] do óleo de laranja (cedido pela Sumol). Neste tipo de destilação produz-se vapor de água numa caldeira que depois é introduzido na montagem (Figura 4). Esta destilação só pode ser realizada quando os componentes que queremos isolar não são solúveis em água, neste caso o limoneno.



Figura 4 – Destilação por arrastamento de vapor do óleo de laranja.

O destilado (água e limoneno) é passado para uma ampola de decantação (Figura 5) onde se processa uma decantação em funil para separação dos dois líquidos imiscíveis e com diferentes densidades.



Figura 5 – Separação do limoneno (fase orgânica) da fase aquosa.

A fase aquosa apresenta-se turva devido à solubilização de uma pequena percentagem de limoneno. Para recuperar essa porção de limoneno pode proceder-se a uma extração líquido-líquido desta fase aquosa, adicionando um solvente orgânico (éter de petróleo, que também é imiscível com a água) e agitando a ampola de decantação. Como o limoneno é muito mais solúvel no solvente orgânico fica solubilizado na fase orgânica e assim pode ser separada da fase aquosa, agora límpida, através de decantação. Uma vez separadas as fases orgânica e aquosa, removem-se os vestígios de água da fase orgânica adicionando um agente exsiccante como o sulfato de magnésio anidro que será posteriormente filtrado com um filtro de pregas (Figura 6).

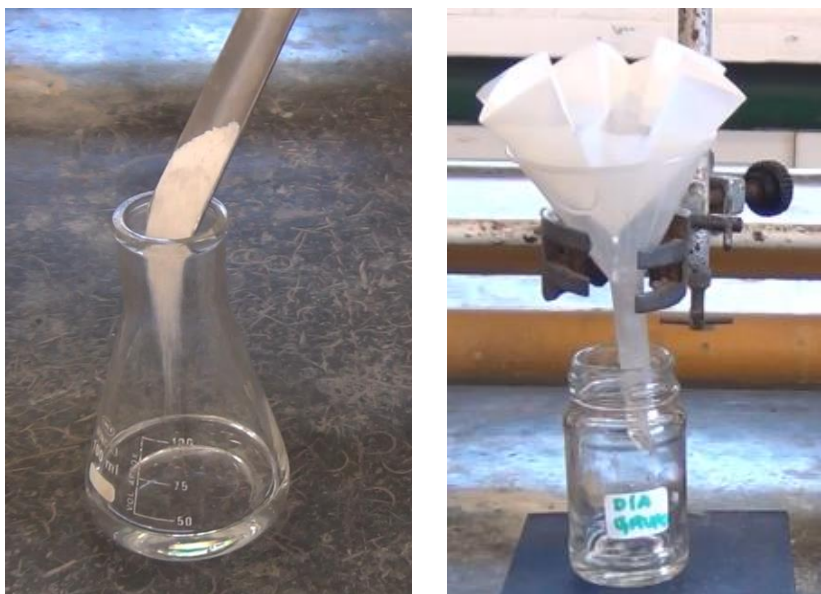


Figura 6 – Secagem da fase orgânica e filtração com filtro de pregas.

O limoneno assim obtido pode ser purificado através de uma destilação fracionada a pressão reduzida (Figura 7), devido ao seu alto ponto de ebulição, 176 °C.



Figura 7 – Purificação do limoneno através de destilação fracionada a pressão reduzida.

Ao reduzir a pressão no sistema o ponto de ebulição vai reduzir para cerca de 70 °C. As impurezas são recolhidas num dos balões de pera e o limoneno puro é recolhido no outro balão rodando a alonga quando a temperatura estabiliza. Obtém-se assim o limoneno purificado.

Referências

- [1] D. Simão *et al.*, “100 experiências de química orgânica”, 2011, ISTPress, 1.
- [2] D. Simão *et al.*, “Comprehensive Organic Experiments for the Laboratory Classroom”, RSC, 2017, 6.

Síntese da lofina

O 2,4,5-trifenilimidazole mais conhecido por lofina (Figura 8), é um composto orgânico constituído por átomos de carbono, hidrogénio e nitrogénio. Dá-se o nome de imidazole ao anel que contem os átomos de nitrogénio.

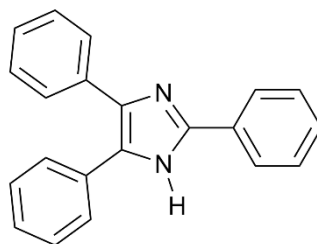


Figura 8 – Estrutura química da lofina.

Podem ser encontrados na natureza muitos derivados contendo o anel imidazole. Muitos deles têm aplicação na indústria biológica e industrial, sendo importantes intermediários na síntese de produtos farmacêuticos e pesticidas. Para obter um composto orgânico através de uma transformação química é necessário pôr em contacto dois ou mais reagentes em certas condições, chamadas condições reacionais. Para um mesmo composto podem existir várias vias de síntese possíveis. Nesta experiência faz-se reagir o benzilo com benzaldeído na presença de acetato de amónio e com ácido acético como solvente para obter a lofina na forma de um sólido branco [1,2] (Figura 9).

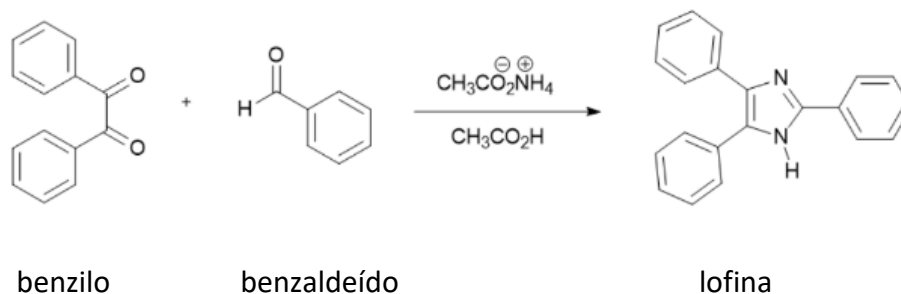


Figura 9 – Esquema reacional da formação da lofina.

Na figura 10 pode observar-se a montagem para realizar a síntese deste composto consistindo num balão de fundo redondo, um condensador de refluxo e uma barra de agitação magnética. Após a adição dos reagentes, a mistura reacional é aquecida a refluxo num banho de óleo de silicone com agitação magnética durante 1 hora.



Figura 10 – Montagem para a reação da síntese da lofina.

Após o aquecimento, a mistura reacional é filtrada com um filtro de pregas de modo a remover impurezas sólidas que possam estar presentes (Figura 11).



Figura 11 – Remoção de impurezas por filtração com filtro de pregas.

Ao adicionar água dá-se a precipitação completa do produto (Figura 12) o qual é isolado por filtração a vácuo (Figura 13).

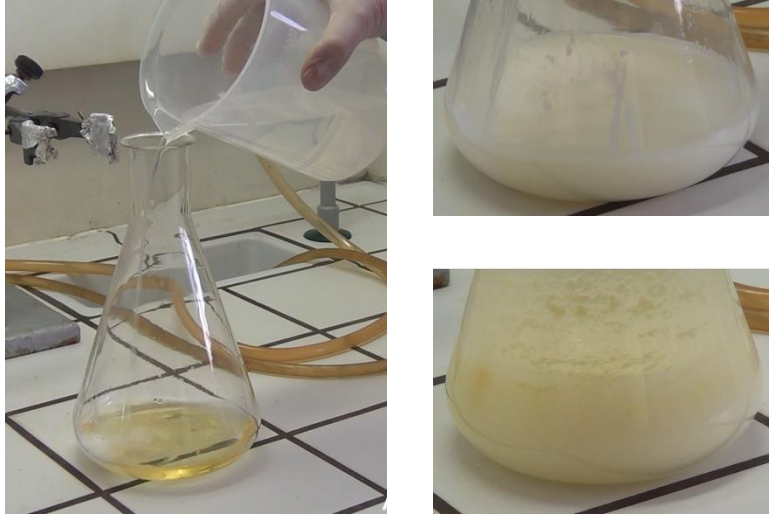


Figura 12 – Adição de água e precipitação da lofina.



Figura 13 – Isolamento da lofina por filtração a vácuo.

As águas-mães da filtração estão ácidas, (pH 4) devido ao ácido acético utilizado como solvente, o que pode ser comprovado medindo o pH com uma fita de papel indicador universal. Por essa razão encontra-se dissolvida mais lofina que pode ser recuperada neutralizando a solução com uma solução de hidróxido de amónio até pH 6 (Figura 14), verificando-se então a precipitação de mais produto.

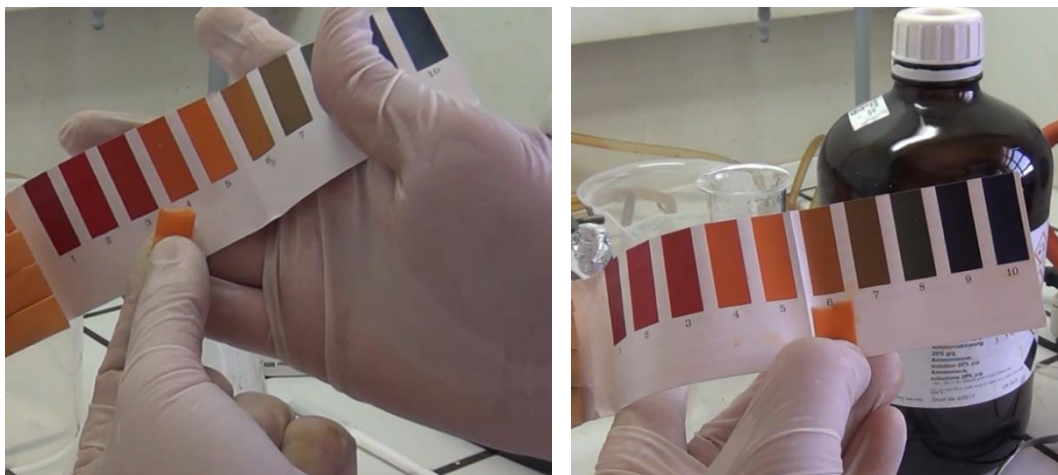


Figura 14 – Medição do pH antes e depois da neutralização.

Ao filtrar de novo a vácuo obtém-se uma segunda porção de produto que se junta ao obtido anteriormente. A lofina obtida pode ser purificada através de um processo denominado recristalização, o qual consiste na dissolução do produto a purificar na mínima quantidade possível de um solvente adequado, a quente, seguida de filtração a quente com um filtro de pregas e precipitação do produto puro após arrefecimento. Neste caso, o solvente adequado é o etanol, uma vez que dissolve a lofina bem a quente e mal a frio. A montagem usada é idêntica à da Figura 10, mas o aquecimento é feito num banho de água. Quando toda a lofina está dissolvida é filtrada a quente num funil aquecido com uma manta elétrica, tendo o cuidado de a desligar antes de filtrar por razões de segurança (flamibilidade do etanol). Ao arrefecer o filtrado em gelo precipitam os cristais de lofina pura que são de novo filtrados a vácuo (Figura 15).



Figura 15 – Filtração a quente e precipitação dos cristais de lofina pura após arrefecimento.

Através de uma reação de oxidação com ferricianeto de potássio duas moléculas de lofina reagem entre si (Figura 16) formando um dímero (dímero I).

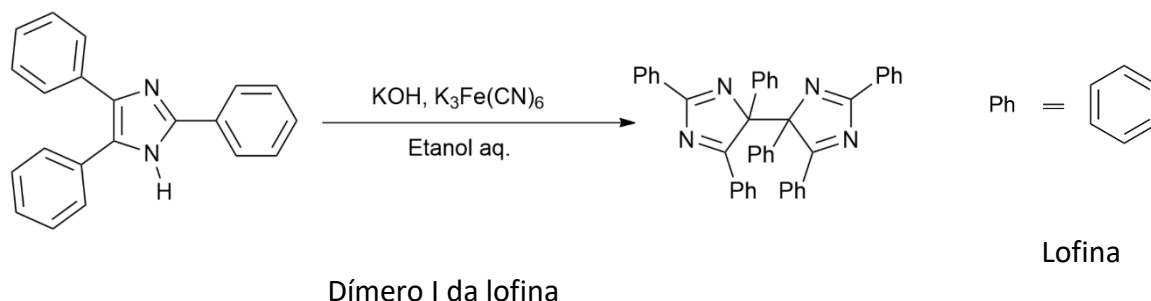


Figura 16 – Esquema reacional da formação do dímero I da lofina.

Esta síntese envolve a adição de uma solução aquosa de ferricianeto de potássio a uma solução etanólica da lofina em KOH a uma temperatura inferior a 10° C. A mistura reacional torna-se violeta, surgindo depois um precipitado cinzento (Figura 17).



Figura 17 – Síntese do dímero I da lofina.

Quando o produto é filtrado a vácuo fica violeta devido à exposição à luz (Figura 18).

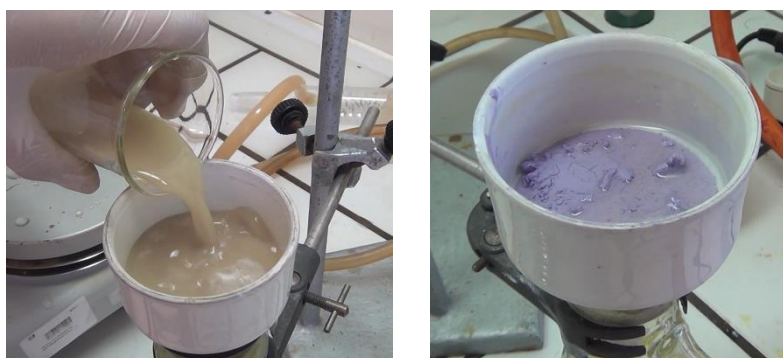


Figura 18 – Filtração a vácuo do dímero I da lofina.

Esta mudança de cor verifica-se, pois, este dímero é fotocromático, ou seja, muda de cor por ação da luz. O mesmo se observa quando se aplica pressão e por isso este composto é também piezocrômico [3]. Quando o dímero cinzento é esmagado num almofariz, torna-se violeta (Figura 19).



Figura 19 – Piezocromismo do dímero I da lofina.

Quando o dímero é dissolvido em solventes aromáticos [4], como por exemplo em tolueno (um solvente orgânico) origina igualmente uma intensa cor violeta. Todos estes fenómenos ocorrem devido à decomposição do dímero I num radical livre (espécie com um eletrão desemparelhado).

Ao abrigo da luz ocorre recombinação produzindo-se outro dímero (dímero II), que pode ser decomposto novamente no radical livre (Figura 20). Este ciclo pode ser efetuado quase infinitamente.

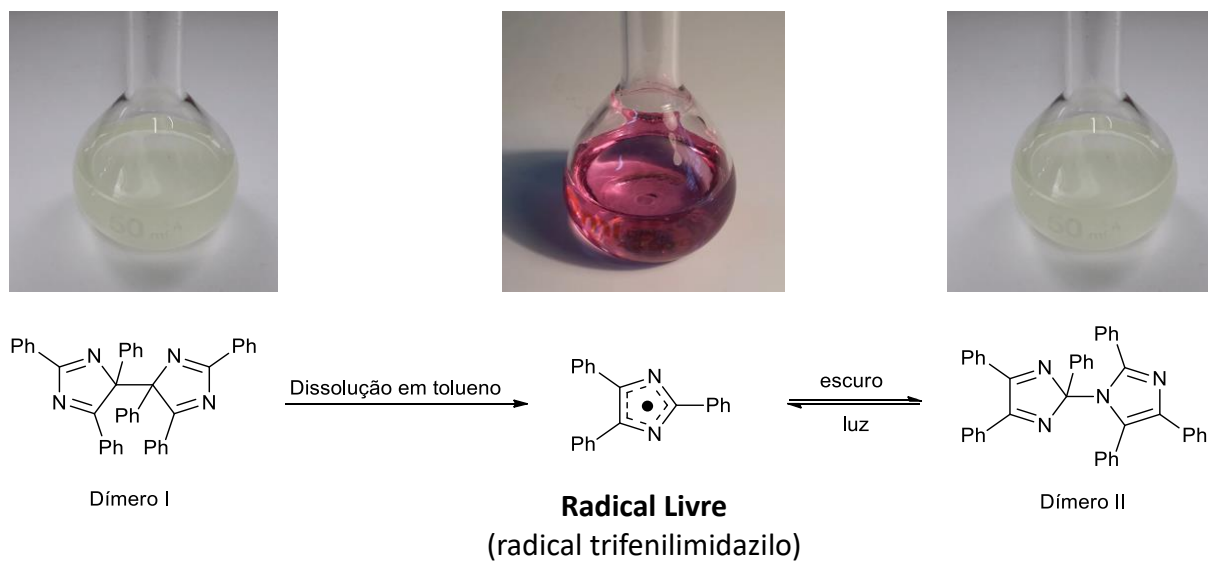


Figura 20 – Formação do radical livre e do dímero II em tolueno

Ao incidir um feixe de laser de cor azul na solução do dímero I em tolueno, verifica-se o aparecimento da cor violeta no local onde a luz incidiu (Figura 21).



Figura 21 – Ação de um feixe de laser de cor azul numa solução do dímero I em tolueno.

Referências

- [1] D. Simão *et al.*, “100 experiências de química orgânica”, **2011**, ISTPress, 255.
- [2] D. Simão *et al.*, “Comprehensive Organic Experiments for the Laboratory Classroom”, RSC, **2017**, 454.
- [3] L. M. Harwood, C. J. Moody e J. M. Percy, “Experimental Organic Chemistry”, 2ª ed., Blackwell Science, **1999**, 642.
- [4] M. Pickering, *J. Chem. Educ.* **1980**, 57(11), 833.

Experiências na câmara escura

A fluorescência é um fenómeno físico-químico que é observado quando certas substâncias ao serem expostas à radiação ultravioleta, emitem luz. A absorção da radiação (energia) origina transições eletrónicas de um estado de menor energia (estado fundamental) para um estado de maior energia (estado excitado). Quando os eletrões voltam ao estado fundamental libertam energia dando-se então a emissão de luz. É um processo muito rápido. Existem vários compostos orgânicos que são fluorescentes quando observados sob uma lâmpada de ultravioleta, são exemplo, o quinino (emissão de luz azul), existente na água tônica, a rodamina B (emissão de luz vermelha) e a fluoresceína (emissão de luz verde) muito utilizada para deteção de águas subterrâneas, exames oftalmológicos (angiogramas), como marcador biológico, como por exemplo em química forense, ou como aditivo nos anticongelantes (Figura 22).



Figura 22 – Água tônica, solução de rodamina B e líquido anticongelante sob luz ultravioleta.

Existem também compostos fluorescentes em notas, cartas de condução e outro tipo de documentos (Figura 23). Este tipo de análise é de igual modo usado em investigação criminal para verificação da validade de papel-moeda e de diversos documentos.

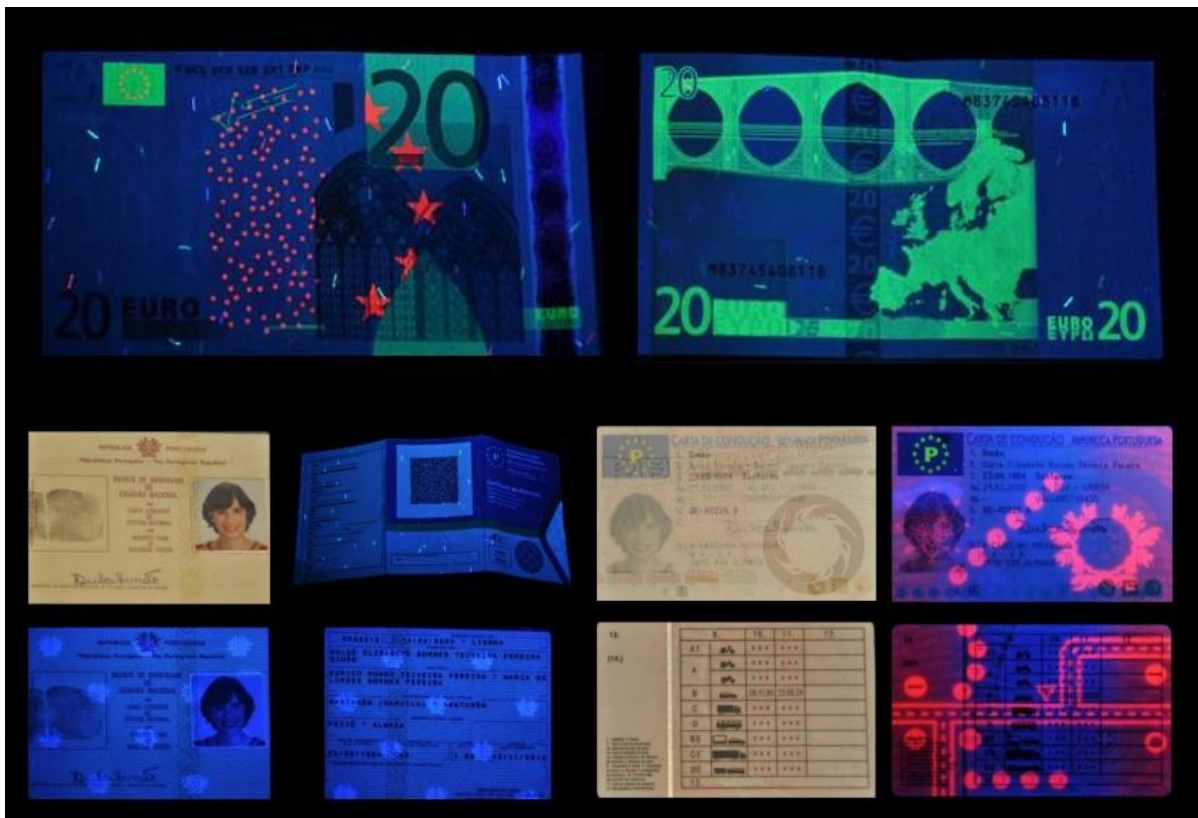


Figura 23 – Vários documentos e notas sob luz natural e sob luz ultravioleta.

Fosforescência

A fosforescência é um tipo de luminescência que ocorre em certos materiais. Neste processo o material absorve energia de radiação na zona do visível, a qual é depois emitida sob a forma

de luz, mas de forma lenta. O termo fosforescência tem origem na Antiguidade Clássica, uma vez que os materiais com estas propriedades eram designados por fósforo (do Grego *phosphoros*, portador de luz) [1]. Um exemplo de materiais fosforescentes são as placas de sinalização de emergência, em cuja composição está presente o sulfureto de zinco dopado com cobre, que é composto químico responsável pelo brilho que observamos no escuro (Figura 24).



Figura 24 – Exemplo de objetos fabricados com materiais fosforescentes.

Material:

- Placa fosforescente (ou uma placa de sinalização de saída de emergência)
- Ponteiro laser de cor azul (ou lanterna do telemóvel)
- Lanterna de LEDs azuis
- Aquário luminescente

Esta atividade deverá ser realizada numa sala escura. Usando o ponteiro laser vamos tentar escrever uma mensagem ou fazer um desenho na placa. Será possível? O que acontece quando o raio laser toca na placa? Usando a lanterna descobre os habitantes do aquário.

Quimiluminescência

Já todos ouviram falar de “glow party”. É uma festa cheia de luz e cor, onde se utilizam muitos produtos fluorescentes e luminosos. Muitos dos artigos usados nestas festas, consistem em pequenos tubos de plástico que se podem apresentar como pulseiras e colares, que se dobram até partir e ficam luminosos durante bastantes horas [2] (Figura 25).



Figura 25 – Exemplos de “glow Parties”

Quando surgiram os primeiros produtos deste género, nos anos 70, os chamados “glow sticks” ou “cyalume” tinham como principal função servir de luz de emergência. Atualmente são utilizados nas mais variadas situações uma vez que são à prova de água, toleram altas pressões, não necessitam de baterias ou pilhas, não geram calor e são muito baratos. São por isso muito utilizados pelas forças militares, em campismo, em mergulho, na pesca, etc (Figura 26).

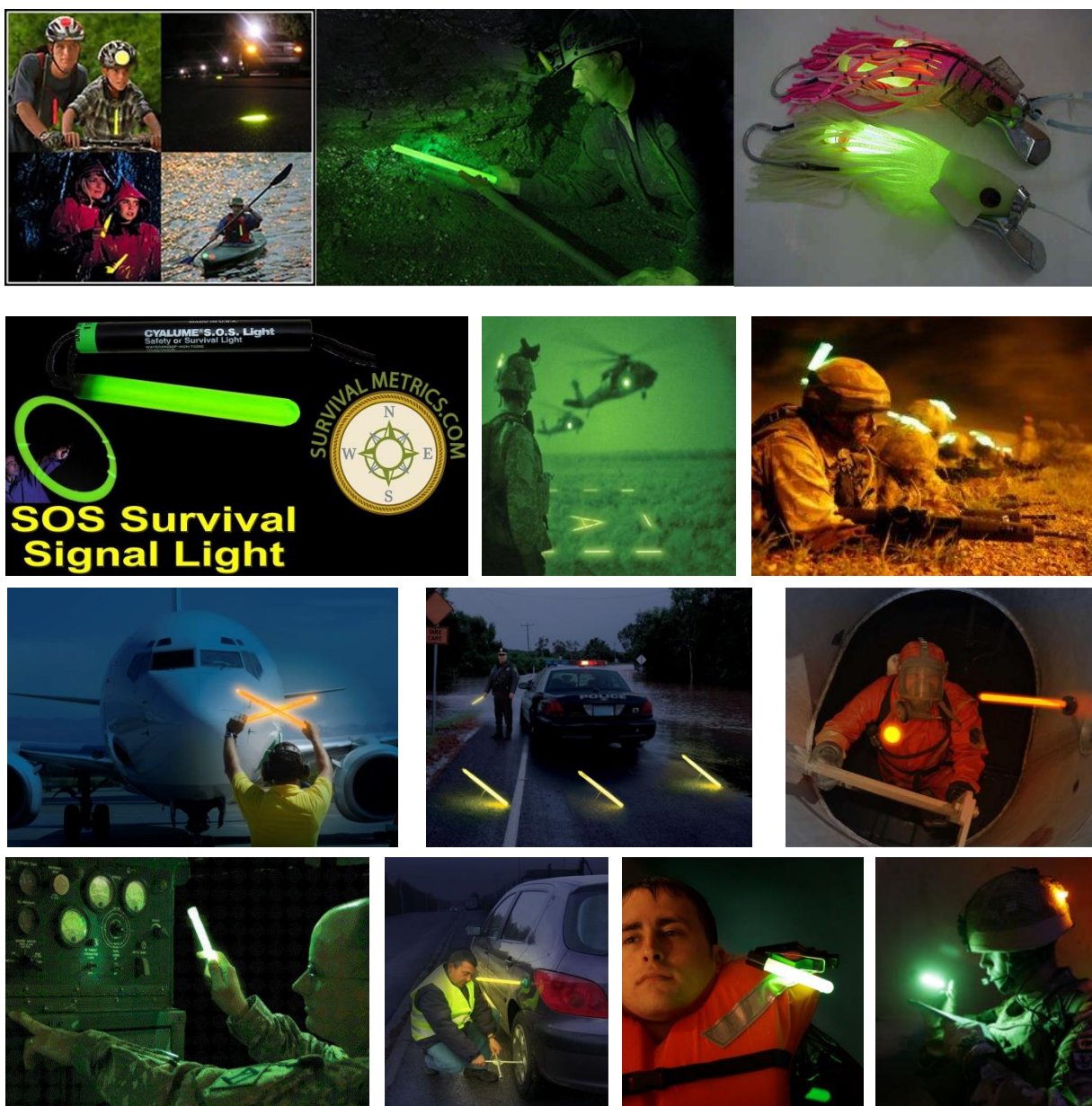


Figura 26 – Aplicações práticas dos “glow sticks”.

A luz emitida por estes produtos está relacionada com o fenómeno da quimiluminescência, ou seja, com a emissão de luz devido a uma reação química [3].

Quando se juntam determinados reagentes, uma das moléculas, (ativador - ACT), é eletronicamente excitada devido à reação, regressando depois ao seu estado fundamental emitindo luz. Nos “glow sticks”, os reagentes estão em dois compartimentos separados. No momento em que se dobra, quebra-se um dos compartimentos (uma ampola de vidro), originando a reação com a consequente emissão de luz que dura várias horas (Figura 27) [4].

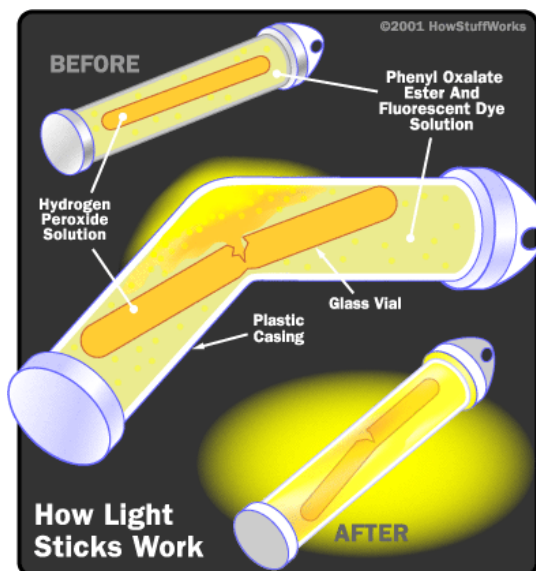


Figura 27 – Como funciona um “glow stick”.⁴

Nesta experiência vamos mostrar o fenômeno da quimiluminescência, fazendo reagir o oxalato de 2,4,6-triclorofenilo (um éster) e a água oxigenada (peróxido de hidrogênio), formando um peróxido cíclico que interage com o ativador (ACT) ficando no seu estado eletronicamente excitado, o qual emite luz fluorescente ao voltar ao estado fundamental (Figura 28). Verifica-se também a liberação de dióxido de carbono [5].

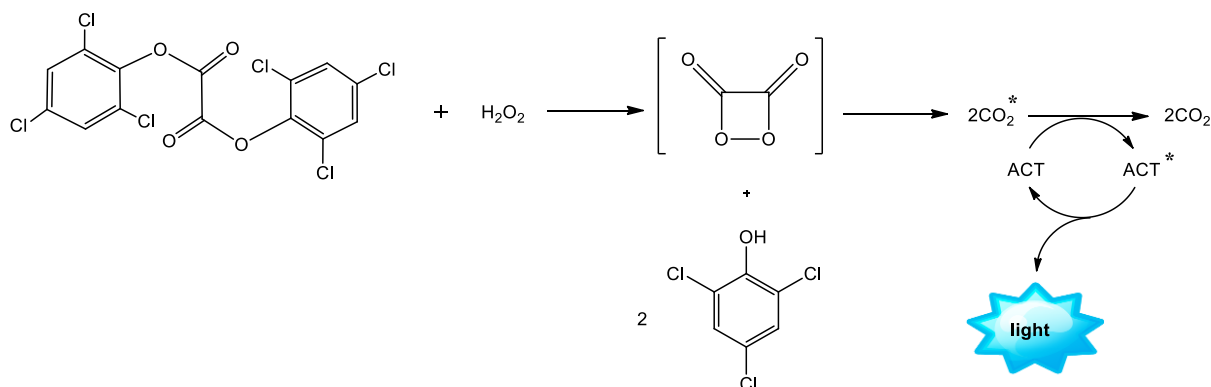


Figura 28 – Reação de quimiluminescência com um ativador (ACT).

A cor emitida dependerá do ativador utilizado [6]. Por exemplo usando a rodamina B a luz emitida é vermelha, usando o *trans*-9-(2-feniletetil)antraceno [7] é azul e com a eosina Y é laranja (Figura 29).

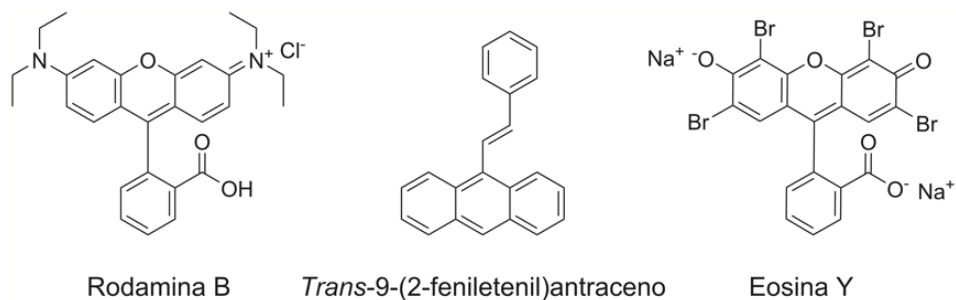


Figura 29 – Reações de quimiluminescência com vários ativadores.

Referências

- [1] M. N. Berberan e Santos, Raios Químicos e Química Radiosa, *Química*, **2015**, 139, 53-60.
- [2] Página da internet da glow: <http://www.glow.pt>, acessido em 19 de Jan 2019.
- [3] R. Albertin *et al.*, *Química Nova*, **1998**, 21, 772–779.
- [4] Página da internet “How glow sticks work”:
<http://science.howstuffworks.com/innovation/everyday-innovations/light-stick2.htm>
- [5] F. McCapra, *Methods Enzymol.*, **2000**, 305, 633–659.
- [6] Vídeo “Make Glow Sticks - The Science”: <http://www.youtube.com/watch?v=tltOOpyJP5k>, acessido em 19 de Jan 2019.
- [7] D. Simão, “100 experiências de química orgânica”, **2011**, ISTPress, Exp. 48, pág. 199.

Agradecimentos

Agradecemos à Técnica de Laboratório, Carla Salvador a preciosa colaboração e empenho, na preparação das experiências.

Uma Visão da Engenharia Química

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/16mmpkboxky/streaming.html?locale=pt>

Fátima Rosa, Licínio Ferreira

Centro de Recursos Naturais e Ambiente (CERENA), Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

O que nos vem à ideia quando ouvimos as palavras Engenharia Química? Provavelmente uma profissão que envolveu o estudo de disciplinas como Química, Matemática, Cálculo... Assim é, de facto, mas não só. Haverá que acrescentar também Física, Biologia, Informática... entre outras.

A Engenharia Química é um ramo da Engenharia que apresenta inúmeras aplicações e está presente em muitos sectores que, muitas vezes, nem imaginamos.

Ela contribui para o desenvolvimento da sociedade em geral, não apenas nas suas aplicações mais imediatas, mas também com impacto decisivo por exemplo na área económica, nomeadamente a partir do início da chamada Era Industrial até ao recente e atual conceito de Economia Circular¹.

O objetivo deste módulo é apresentar e descrever aplicações industriais da Engenharia Química, de modo a proporcionar uma visão de possíveis utilizações com impacto ambiental reduzido.

Torre de arrefecimento

É água, neste caso chamada água de arrefecimento, que a indústria utiliza para dissipar o calor produzido por diversos equipamentos industriais, devido às suas propriedades físicas e ao baixo custo. Apesar deste último aspeto, tratando-se de um bem essencial, um recurso finito

¹ Por Economia Circular entende-se um recentemente desenvolvido conceito estratégico, que tem como filosofia de base a redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia. Ao contrário do conceito de fim-de-vida da economia linear e movida por novos fluxos de reutilização, restauração e renovação, num processo integrado, a economia circular é atualmente entendida como um elemento-chave para eliminar a tradicional oposição entre crescimento económico e aumento no consumo de recursos, relação tradicionalmente considerada inevitável.

e tendo também em conta naturais preocupações de natureza ambiental, convirá não ser desperdiçada.

No processo de arrefecimento de um qualquer equipamento ou produto, a água ficará logicamente mais quente. Para voltar a ser (re)utilizada como fluido de arrefecimento, terá ela própria de sofrer um processo semelhante, que a devolva à temperatura original. Com esse objetivo, as fábricas utilizam normalmente as chamadas torres de arrefecimento que lhes permitem arrefecer a água e voltar a utilizá-la como fluido térmico.

As torres de arrefecimento podem classificar-se conforme a forma de contacto entre a corrente de ar e água (direto ou indireto), pelo tipo de ventilação (natural, forçada ou induzida) ou pela direção do fluxo de ar em relação ao escoamento de água (cruzado ou contracorrente).

Na Figura 1 mostram-se esquemas dos diferentes tipos de tiragem [1]. Na tiragem natural o movimento do ar na torre baseia-se na diferença de densidades entre o ar quente (menos denso) dentro da torre e o ar frio, exterior, (mais denso). Na tiragem forçada e induzida utilizam-se ventiladores para forçar por insuflação ou extração respetivamente, a passagem de ar pela água circulante.

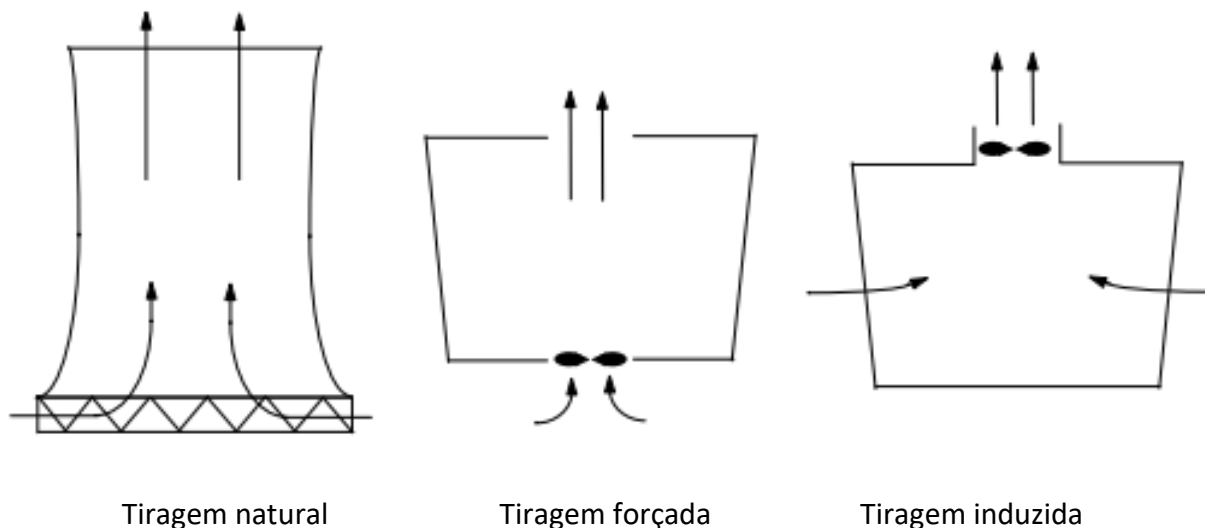


Figura 1 – Esquema de tipos de tiragem [1].

A torre de arrefecimento disponível no laboratório (Figura 2) é uma coluna vertical que opera em contracorrente, ou seja, a água desce pela torre (e vai arrefecendo) enquanto o ar sobe. É uma torre de tiragem induzida, pois o ventilador encontra-se localizado na saída do ar.

Se a água entra na torre com uma determinada temperatura e sai com uma temperatura mais baixa, significa que cedeu calor ao ar do meio ambiente, que fica naturalmente mais quente e húmido. De modo a garantir que a passagem do ar no interior da torre é adequada e suficiente, instalam-se ventiladores (geralmente no seu topo) para que o ar seja forçado a entrar. Note-se que uma pequena parte da água em circulação no sistema de arrefecimento é evaporada, pelo que é necessária a injeção de água no sistema, operação chamada de *make-up*.

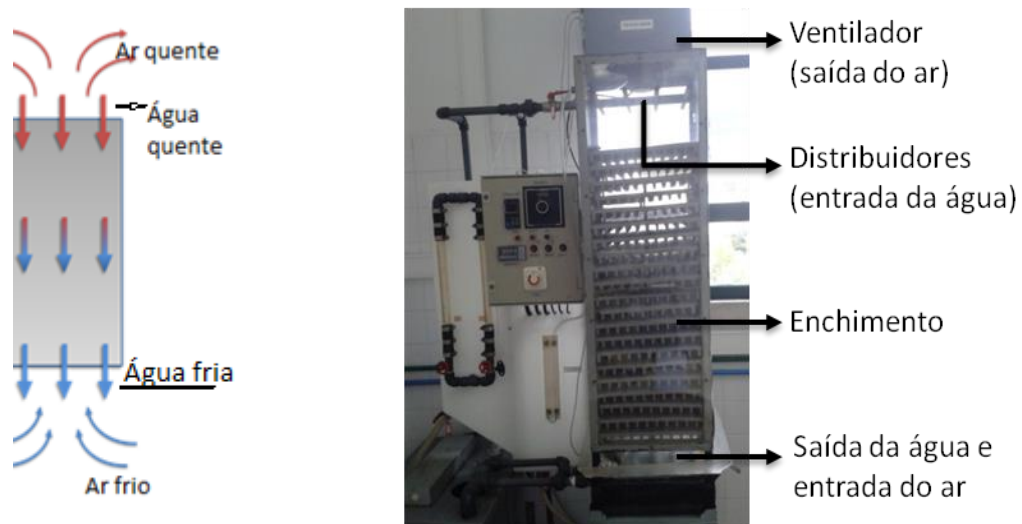


Figura 2 – esquema de uma torre de arrefecimento e instalação piloto.

Para melhor compreensão do funcionamento do sistema, imaginemos um copo com água quente que queremos arrefecer. Uma forma de o fazer rapidamente seria distribuir a água por outros copos ou mesmo em pequenas gotas. A torre de arrefecimento de água funciona com uma lógica semelhante. O seu topo funciona como uma espécie de chuveiro, que distribui a água a partir daí. Por forma a aumentar a transferência de calor da água para o ar geralmente as torres têm o chamado enchimento, que é um material (por exemplo placas de madeira ou plástico) que permite maximizar a distribuição da água ao longo da coluna e dividi-la ainda mais em pequenas gotas, aumentando o seu contacto com o ar.

O fenómeno do arrefecimento por evaporação acontece quando um gás circula sobre um líquido. A evaporação ocorre a partir da superfície do líquido e a energia associada com a

mudança de fase é o calor latente de vaporização do líquido. A evaporação dá-se quando as moléculas do líquido perto da superfície sofrem colisões que aumentam a sua energia acima da necessária para sobrepor a energia de ligação das moléculas. A energia necessária para promover a evaporação é proveniente da energia interna do líquido (que não evapora) que, por sua vez, arrefece ao cedê-la.

A temperatura mínima num sistema de arrefecimento a água pode até ser menor que a temperatura ambiente, dependendo da humidade relativa do ar e da eficiência do equipamento. No entanto, existe um valor mínimo ao qual a temperatura deste processo pode chegar, que é a chamada Temperatura de termómetro húmido. O desempenho de uma torre de arrefecimento varia, entre outros fatores, conforme a temperatura do ar ambiente, humidade do ar, temperatura de termómetro húmido.

Nem todas as torres de arrefecimento têm de ter um ventilador em que o ar é “forçado” a entrar. As torres de arrefecimento de circulação natural do ar são imagens típicas das centrais termoelétricas (Figura 3), como por exemplo a do Carregado. São geralmente reconhecidas pela saída característica do vapor de água e pela sua grande altura, necessária para que haja um efeito de chaminé.



Figura 3 – Torres de arrefecimento com circulação natural do ar.

A formação de neblina ocorre quando parte do vapor de água que sai da torre condensa em pequenas gotas devido ao contato com o ar ambiente mais frio, tornando-se o ar supersaturado. A sua ocorrência verifica-se com mais frequência no inverno, dificultando a dispersão do ar quente que sai da torre.

As condições de operação de uma torre de arrefecimento como a temperatura da água, os seus nutrientes, contacto com a atmosfera, a possível estagnação e a ausência de tratamento de água podem originar a formação de depósitos, incrustações, formação de algas, fungos ou bactérias, condições ótimas para o desenvolvimento, por exemplo, da *Legionella pneumophila*, como aconteceu recentemente, com os resultados que se conhecem.

Todos estes fenómenos podem traduzir-se em degradação das superfícies, entupimentos e riscos para a saúde pública. A torre de refrigeração apresenta um risco elevado porque a água é projetada na forma de aerossóis e estes podem ser facilmente inalados.

Transporte pneumático

O transporte pneumático é uma operação muito utilizada no transporte de sólidos em diversos processos industriais e químicos [2,3]. Entre os muitos materiais sólidos que são normalmente transportados por este sistema podemos ter produtos alimentares como o grão, milho, café, bem como *pellets* de polímero ou algodão. Desde que as partículas sólidas tenham um baixo teor de humidade, é um dos métodos mais utilizados de transporte.



Com as preocupações ambientais cada vez mais presentes nos distintos universos industriais, é cada vez maior a procura de sistemas de transporte limpos, com menos desperdício, menos partículas em suspensão, minimização de riscos de contaminação cruzada, como é o caso do transporte pneumático.

O transporte pneumático pode ser classificado em relação ao modo como é efetuado, como sendo de fase densa ou diluída. No transporte em fase diluída, as partículas permanecem suspensas durante o trajeto, tendo como característica a baixa concentração volumétrica de sólidos. Na fase densa baseia-se num impulso de gás para obrigar a movimentação do sólido em carga, não se verificando suspensão das partículas ao longo da tubagem.

A instalação laboratorial na Figura 4, é de transporte vertical em fase diluída.



Figura 4 - Instalação de transporte pneumático - Fluidização de partículas de polímero.

No transporte pneumático o princípio básico utilizado é o da fluidização das partículas sólidas com ar ou gás inerte, seguida do respectivo escoamento em fase diluída juntamente com o gás.

Num leito fixo de partículas atravessado por uma corrente de ar no sentido ascendente, o primeiro efeito da força de atrito exercida pelo ar é uma reorientação das partículas no sentido da diminuição da sua resistência à passagem do ar. Com o aumento do caudal, o leito vai-se progressivamente expandindo devido ao aumento da força de atrito, o que tem como contrapartida o aumento da perda de pressão no fluido.

Atinge-se assim uma porosidade limite para a qual as partículas estão já separadas umas das outras. Nesse estado a força de atrito exercida sobre elas iguala o seu peso aparente, passando estas a mover-se em leito fluidizado suportadas pelo fluido.

Continuando a aumentar o caudal de ar a turbulência do leito aumenta, assim como a sua altura e porosidade. Quando a velocidade intersticial do ar atingir o valor correspondente à velocidade terminal de queda livre das partículas, a velocidade relativa ar-sólido anula-se e dá-se o arrastamento do sólido pelo fluido. Neste ponto pode considerar-se em primeira aproximação que a porosidade atinge o valor limite 1 e entra-se no regime de transporte pneumático.

Referências

- [1] <https://paginas.fe.up.pt/~jfacao/MasterThesis.pdf>, consultado em 8 fevereiro 2021.
- [2] G.E. Klinzing, F. Rizk, R. Marcus, L.S. Leung, Pneumatic Conveying of Solids A theoretical and practical approach Series: Particle Technology Series, Vol. 8, 3rd ed. Springer, 2010.
- [3] A. Levy, The influence of a bend on the flow characteristics in pneumatic conveying systems, handbook of powder technology, 2001, 10, 403-409.

Agradecimento

Agradecemos à Técnica do Laboratório de Tecnologia, Eng.^a Isabel Leiria, a preciosa colaboração e empenho na preparação e montagem dos trabalhos.

Esterilização... uma arma contra o inimigo invisível

<https://educast.fccn.pt/vod/clips/2oevpie8oi/streaming.html?locale=pt>

Diana Silva, Nadia Toffoletto, Ana Paula Serro

Centro de Química Estrutural, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa

Os microrganismos (ou micróbios) são seres vivos microscópicos, usualmente unicelulares, como os vírus, bactérias, fungos, algas e outros, que coabitam connosco. Muitos são benéficos ou mesmo essenciais para certos processos, e podem viver em simbiose com o ser humano e outras espécies. Outros são patogénicos e têm que ser eliminados para podermos viver em segurança.

Entre os benéficos, podemos dar-te inúmeros exemplos: as bactérias que decompõem a matéria orgânica no ciclo biogeoquímico, as que fixam o azoto do ar e o incorporam em nitratos e nitritos nas leguminosas, ou as que permitem produzir alimentos como o queijo, iogurte e vinagre. Entre os fungos, temos por exemplo as leveduras, utilizadas na fermentação do pão ou de bebidas alcoólicas como o vinho, cerveja e saqué. O papel dos microrganismos é também muito importante na indústria farmacêutica para a produção de antibióticos e outros fármacos.

Estima-se que no corpo humano existam dez vezes mais microrganismos do que células humanas, totalizando mais de 100 triliões (1 trilião = 10^{18}) e que do nosso peso, cerca de 1,5 Kg sejam microrganismos (Figura 1). Esses microrganismos, que constituem o nosso microbioma, são essenciais à nossa saúde.

No aparelho digestivo, estão presentes na boca, estômago e intestino e desempenham um papel extremamente importante na degradação de alguns alimentos (*e.g.* lactobacilos), na inibição da ação de outras bactérias prejudiciais (*e.g.* bifidobactérias), na produção de proteínas e vitaminas ou na modulação do sistema imunitário. Na pele impedem que outras bactérias se estabeleçam mantendo o pH e constituindo uma barreira que permite proteger a pele.

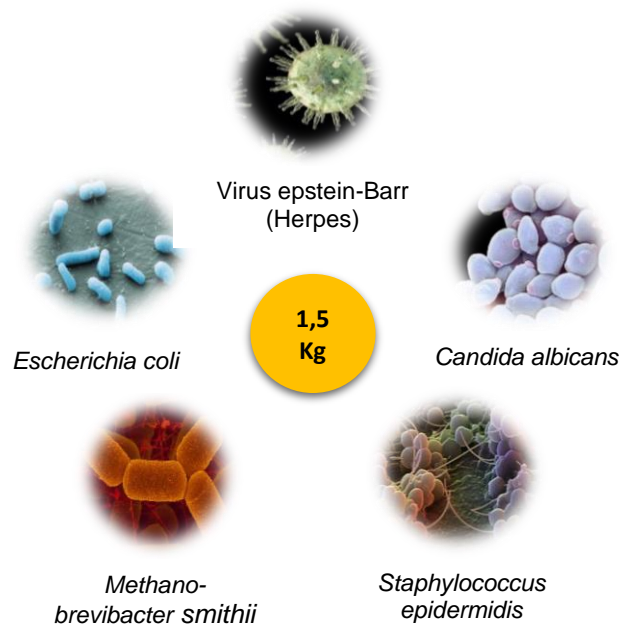


Figura 1 – Microorganismos que vivem em simbiose com o ser humano.

O problema coloca-se quando ocorrem desequilíbrios neste microbioma: quando por alguma razão estas espécies benéficas com quem vivemos proliferam de forma anormal, ou quando microorganismos prejudiciais entram no nosso corpo, através das nossas mãos (Figura 2), vias respiratórias, dos alimentos que ingerimos, devido a lesões na pele, procedimentos cirúrgicos ou à implantação de materiais estranhos ao organismo.

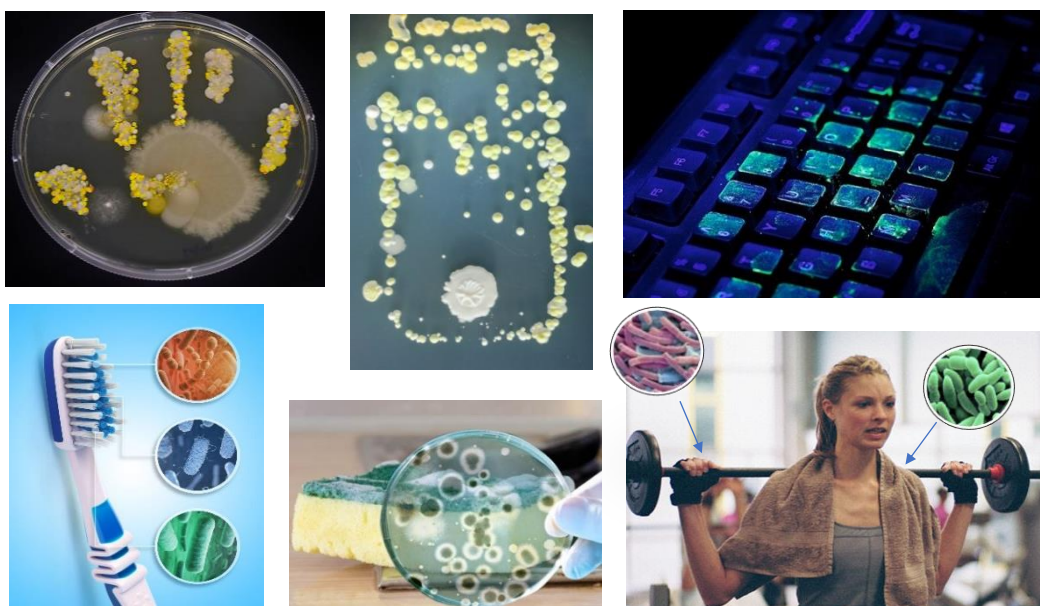


Figura 2 – Microorganismos presentes nas nossas mãos e em objetos que usamos no dia a dia.

Neste módulo vamos dar-te a conhecer duas situações em que é essencial assegurar a eliminação dos microorganismos para podermos utilizar os materiais sem riscos para a nossa saúde. Vamos falar-te de “esterilização de biomateriais” e de “esterilização de equipamentos de proteção individual (EPI’s)”, estes últimos, tão necessários em contexto hospitalar, e em particular este ano, face à situação de pandemia que vivemos. Vamos explicar-te em que consiste a esterilização, como podemos fazê-la e que aspetos devemos ter em consideração na escolha dos métodos a utilizar. Vamos dar particular atenção à esterilização com radiação gama, não só pelas suas inúmeras vantagens, mas também porque no IST dispomos da única unidade que o permite fazer na Península Ibérica.

Esterilização de biomateriais

A esterilização de biomateriais constituintes de dispositivos médicos destinados a estarem em contato direto com os fluídos/tecidos biológicos é essencial para garantir a sua segurança biológica e evitar infeções [1].

A esterilização define-se como a completa eliminação ou destruição de todos os microorganismos presentes nos materiais. De acordo com as entidades reguladoras, os materiais a implantar no corpo humano só são seguros do ponto de vista biológico, se a probabilidade de sobrevivência de microrganismos nos materiais após o processo de esterilização for inferior a 1 em 1 milhão.

Para obter um produto estéril pode recorrer-se a um processo de produção assético, ou realizar uma esterilização terminal (Figura 3). No primeiro caso, todos os componentes do produto (as matérias-primas, os recipientes, eventuais fármacos que possa conter), são previamente esterilizados. A reunião dos componentes é feita em condições operacionais assépticas, numa sala limpa. Esta técnica envolve custos elevados e é de alto risco, pois a probabilidade de contaminação durante a manipulação é extremamente elevada. De tal forma, que este tipo de processo só é utilizado para biomateriais incapazes de resistir aos métodos de esterilização terminal. No caso da esterilização terminal, o produto é esterilizado no seu recipiente final, e não são necessárias etapas adicionais, obtendo-se um produto pronto a ser utilizado após o processo. Elimina-se assim o risco de re-contaminação do produto.



Figura 3 — Esterilização asséptica (esquerda) e terminal (direita).

Os métodos de esterilização podem ser divididos em físicos, químicos e físico-químicos (Figura 4). Os primeiros incluem a esterilização pelo calor (húmido ou seco), esterilização por radiação ionizante (*e.g.*, raios gama ou feixe de elétrons), esterilização por filtração ou vibração (ultrassons). Os métodos químicos envolvem a exposição a agentes químicos esterilizantes, como o peróxido de hidrogénio, óxido de etileno e ozono.

Existem diversos fatores que influenciam a escolha do método de esterilização. Além da eficácia da esterilização, é necessário garantir que o método não conduz à deterioração ou a alterações indesejáveis do material e que este permanece estável após a esterilização (bem como o seu invólucro), durante o armazenamento. No caso dos dispositivos contendo fármacos, para libertação controlada, é ainda necessário verificar se o fármaco mantém a sua atividade após a esterilização e se os perfis de libertação do fármaco não são negativamente afetados devido a eventuais alterações dos materiais. Questões ambientais, a rapidez e o custo do método deverão ser também ponderadas.

Não te esqueças, se não está estéril, não é seguro!



Figura 4 — Diferentes métodos de esterilização.

Esterilização de EPIs com radiação gama com vista à sua reutilização

Em contexto de pandemia, os equipamentos de proteção individual (EPIs) como máscaras e vestuário, são essenciais para garantir a segurança da população em geral, e em particular dos profissionais de saúde que correm riscos acrescidos. Embora a maior parte dos EPIs sejam descartáveis, muitos poderão ser reutilizados de forma eficaz e segura, com vantagens indiscutíveis quer em termos económicos quer ambientais, desde que se proceda à sua esterilização e que os mesmos mantenham um desempenho adequado.



Figura 5 – Equipamentos de proteção individual (EPIs).

A esterilização dos EPIs pode ser feita utilizando radiação gama [2], um tipo de radiação eletromagnética de elevada energia, cujas ondas apresentam uma alta frequência e um comprimento de onda pequeno. Estas características conferem à radiação gama um poder de penetração muito alto e capacidade para interagir com componentes vitais das células, em particular dos microorganismos, resultando na sua morte ou inativação (Figura 6).

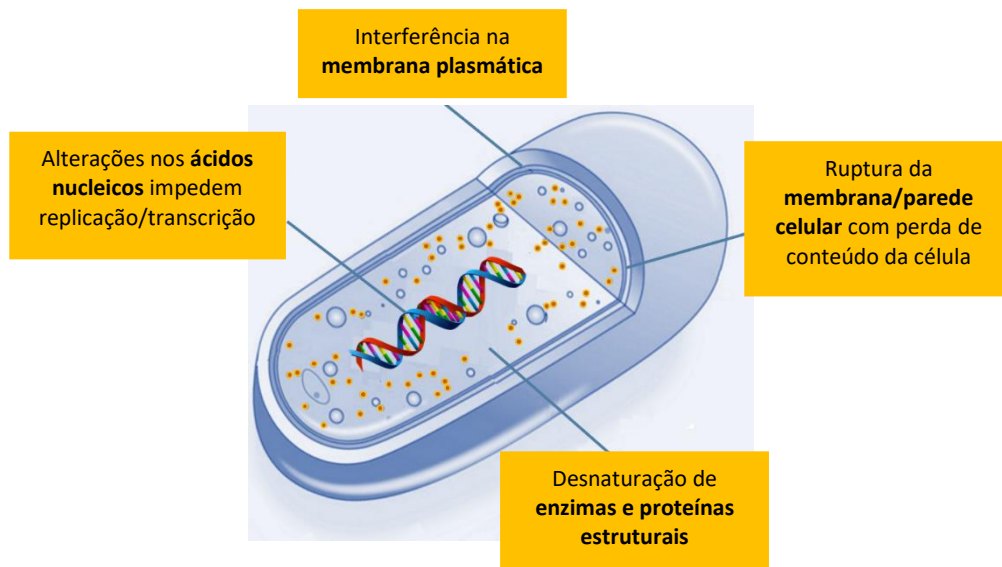


Figura 6 – Mecanismos de inativação dos microorganismos decorrentes da exposição à radiação- γ .

A radiação gama é produzida com auxílio de uma fonte radioativa, como o ^{60}Co . O decaimento dos átomos de ^{60}Co origina a formação de ^{60}Ni , a ejeção de elétrons e a emissão de raios gama. A esterilização com radiação gama apresenta inúmeras vantagens relativamente a outros métodos atualmente disponíveis. O facto de possuir um grande poder de penetração, permite que os EPIs usados possam ser esterilizados em embalagens seladas, reduzindo os riscos de contaminação associados ao seu manuseamento. Não origina resíduos tóxicos, o que, além de ser ecológico, possibilita a reutilização imediata dos EPIs.



Figura 7 – Câmara de irradiação na Unidade Tecnológica de Radioesterilização do Campus Tecnológico e Nuclear do IST.

O processamento é feito à temperatura ambiente com vantagens para os materiais e em termos energéticos. Além disso, é possível processar em simultâneo grandes quantidades de material, o que contribui para a redução de custos (Figura 7).

A Agência Internacional de Energia Atómica (AIEA) reconhece ser uma ferramenta eficaz e estabelecida para a eliminação do SARS-CoV-2 em diferentes tipos de EPIs, com exceção das máscaras respiratórias, uma vez que reduz significativamente a sua capacidade de filtração. Tal deve-se à perda de propriedades electrostáticas dos materiais, o poderá ser obviado procedendo ao seu recarregamento após esterilização (*e.g.*, com descarga de plasma).

A eficácia da esterilização depende do grau de contaminação dos EPIs e da dose de radiação, isto é a energia depositada pela radiação ionizante por unidade de massa do material a esterilizar. Habitualmente uma dose de 25 kGy é adequada para esterilizar dispositivos biomédicos. No entanto, certos materiais, especialmente os polímeros, podem ser afetados pela radiação e a sua estrutura e propriedades podem sofrer alterações significativas. Por isso é importante estudar a resistência dos materiais à radiação, para estabelecer as condições de esterilização e o número de vezes que os mesmos podem ser reprocessados, mantendo as características necessárias à sua funcionalidade (por exemplo impermeabilidade e resistência mecânica) (Figura 8).

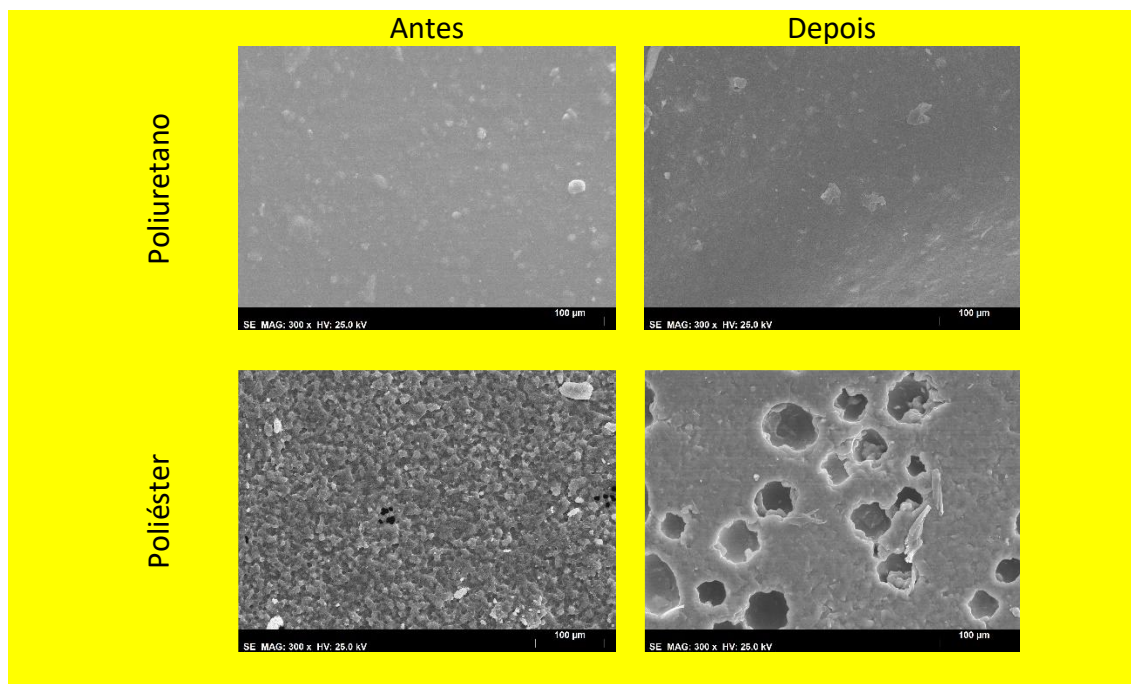


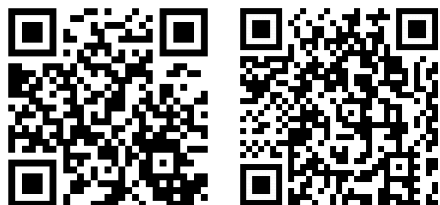
Figura 8 — Imagens SEM dos materiais usados na produção de EPIs antes e depois de 20 ciclos de esterilização com radiação- γ + lavagem. O material A (cima) resiste mas o B (baixo) sofre forte degradação. Ampliação x300.

Referências

- [1] Galante, R., Pinto, T.J.A., Colaço, R., Serro, A.P. (2018). Sterilization of hydrogels for biomedical applications: A review. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 106B, 2472–2492.
- [2] Fairand B.P. (2002). *Radiation Sterilization for Health Care Products: X-Ray, Gamma, and Electron Beam*, 1st Edition, CRC Press.

Exposição Virtual

Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. EXPOSIÇÕES



Edição de Clementina Teixeira



Figura 1 – Cristais Químicos, Redes cristalinas Bevers Miniature Models® [1,2]. Arte “On the Rocks”. Evento: Laboratórios Abertos 2020, Departamento de Engenharia Química (DEQ).

Capítulo 1. Observação de cristais à lupa estereoscópica nos Laboratórios Abertos 2020 e sua articulação com outros módulos expositivos

Clementina Teixeira, Dulce Simão, Anabela Graça

Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

O projeto de crescimento de cristais químicos em Laboratório existe há 26 anos no CQE/DEQ-IST, tendo como vertentes fundamentais o crescimento em presença de suportes rugosos (minerais, rochas, conchas e metais) o método “On the Rocks” de nucleação heterogénea [2-5] e a cristalização observada à lupa estereoscópica binocular/trinocular, com a observação tridimensional das amostras/reações e o seu registo a partir de vídeos [6-8] e fotomicrografias [9]. Esta documentação tem contribuído para a divulgação da Ciência nas redes sociais, em publicações científico-pedagógicas nas áreas que partilham o interesse pelos cristais, estendendo também a ligação da Ciência à Arte, Design e Cultura, em geral [10]. Nesta última perspectiva, os padrões decorativos construídos a partir das experiências têm sido amplamente divulgados em ações de *outreach*, congressos, Fig. 2, e na Exposição itinerante de microscopia aplicada, Artesãos do Século XXI, desde 2009 [11]. Neste documento divulgam-se resultados experimentais antigos e outros que surgiram durante a preparação deste módulo de Cristais em 3D dos Laboratórios Abertos 2020 do DEQ e que se estendem por três vertentes:

a) A documentação recolhida durante o evento que reuniu mais de 1500 pessoas: alunos e professores de escolas; alunos, professores, investigadores e funcionários do DEQ/IST [2]. O tema dos cristais foi integrado num bloco designado por Química 3D [12], atendendo às suas componentes principais, a visualização de cristais à lupa estereoscópica que é de facto tridimensional e as redes cristalinas rigorosas de alguns dos compostos que também caem nessa definição. Esta vertente é sumariamente descrita neste capítulo.

b) O trabalho experimental de preparação de amostras para observação à lupa estereoscópica, parte do qual já foi publicado [2]. Foram escolhidas substâncias de cristalização/crescimento fácil, rápido e apelativo, tanto no aspeto visual como nos

conceitos científicos que permitem abordar. A escolha das substâncias foi feita ao longo de muitos anos de pesquisa, com vários colaboradores, pelo que será distribuída por vários capítulos. Os compostos selecionados foram-no por estarem de certa forma relacionados com as outras matérias do módulo, dando-lhe maior coerência interna. Todas as amostras foram preparadas previamente, numa grande coleção de placas de Petri e cristalizadores que é frequentemente utilizada como material didático em mostras de divulgação de Ciência [13].



Figura 2 – Cristais químicos à lupa estereoscópica, posto de observação para os Júniores [2,12]: mistura colorida de cristais de diferentes composições químicas e de um composto de cobre, à direita. Ao centro, padrões decorativos feitos a partir das fotomicrografias dos cristais (fotomanipulação). Em baixo, mesas de exposição à entrada da Torre Sul do IST, com a Tabela Periódica e outros objetos em impressão 3D, os cristais “On the Rocks” e as redes cristalinas [4].

c) As exposições permanentes patentes ao público, que serão posteriormente integradas na oferta educativa da Coleção Museológica do DEQ (cristais “On the Rocks”, coleção de cristais muito antiga em ampolas de vidro, kits de placas de Petri/cristalizadores com cristais para observação à lupa, redes cristalinas rigorosas de cristais, pinturas da coleção “Arte on the Rocks”, diversos artigos produzidos na exposição Artesãos do Século XXI, etc.



Figura 3 – Fotomicrografia 10x, tirada com telemóvel encostado à ocular da lupa estereoscópica binocular Olympus®, Fig.2, no posto de observação dos Júniores em cima e Séniores, em baixo. Os compostos são quase todos inorgânicos, nesta foto, dos elementos Ferro em vários estados de oxidação, Cobalto, Alumínio, Cromo, soluções sólidas de compostos dos dois metais, Cobre, Magnésio, compostos de Fósforo, etc.

As amostras, previamente preparadas e distribuídas em placas de Petri, cristalizadores e caixas, foram distribuídas por dois postos de observação (Júniores, Figs. 2-6 e Séniores,

Figs. 5,6), cada um deles com uma lupa estereoscópica binocular, com ampliação em zoom de 8 a 63x (Olympus® e Nikon®). Além da observação de cada composto em placa de Petri, ou de misturas compatíveis de vários cristais, os visitantes foram incentivados a tirar fotografias encostando o telemóvel à ocular, mesmo na ausência de adaptador. Apesar de rudimentar, esta técnica, hoje designada por fotomicrografia afocal, permitiu obter algumas fotos de qualidade razoável, como se pode observar nas Figs. 2-4, para cristais de substâncias compatíveis, isto é, que não reagem umas com as outras durante períodos curtos, necessários à observação.

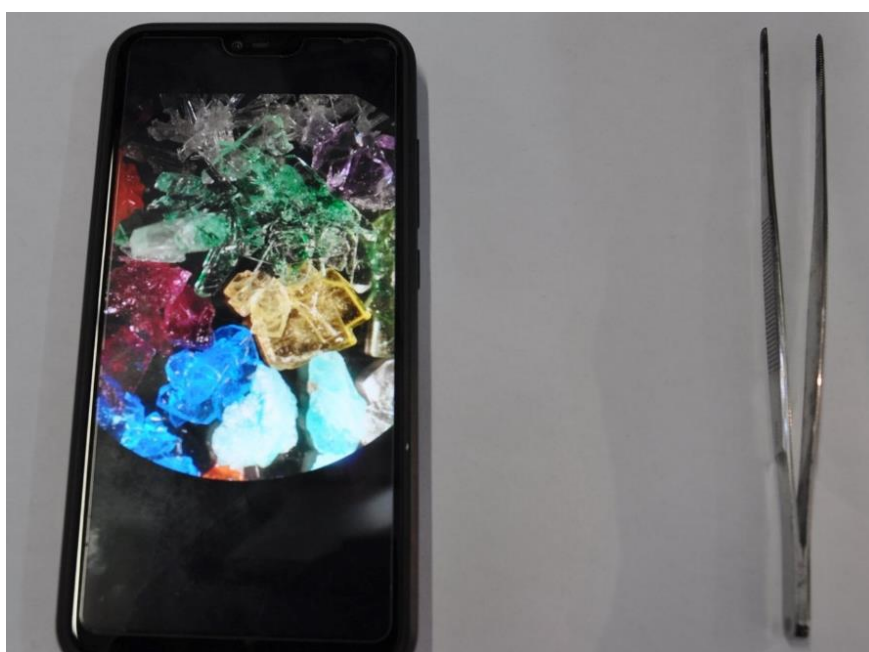


Figura 4 – Fotomicrografia 10x, tirada com telemóvel encostado à ocular da lupa estereoscópica binocular Olympus®, Fig.2, no posto de observação dos Júniores. Crédito: Dulce Simão.

O posto de trabalho dedicado aos mais velhos, os Sêniores (10^o-12^o anos), Figs. 1,7-10, funcionou articulado com uma pequena exposição de cristais e redes cristalinas rigorosas, designada por “Cristais: Uma Viagem no Tempo e no Espaço”, cuja descrição se fará num outro Capítulo. Como já foi dito, houve uma certa preocupação em fazer uma interligação entre os assuntos abordados nas várias experiências do módulo 3D. Por exemplo, a Tabela Periódica impressa em 3D, inserida na exposição (Figs. 2,8-10) foi ligada à Tabela Periódica de Keith Enevoldsen, nomeadamente às fichas dos elementos que entram na constituição dos cristais e amostras analisadas [4,14]: C, H, N, P, Zr, Pt,

Al, Co, Cr, Fe, etc. Estas fichas acompanham a descrição da maioria dos cristais selecionados, nos capítulos respectivos.



Figura 5 – Observação de cristais químicos à lupa estereoscópica, posto de observação para os Júniores, 2º e 3º ciclos. Todos os compostos foram preparados com muita antecedência. Algumas amostras foram preparadas especificamente para este evento, outras estavam armazenadas.



No DEQ IST



Cristais 3D Laboratórios Abertos
2020



Figura 6 – Formação de monitores, observação de cristais químicos à lupa estereoscópica, posto de observação dos Laboratórios para os Júniores. Nesta imagem veem-se as duas lupas utilizadas, Olympus® e Nikon®. Crédito fotográfico: Natália Rocha.



Figura 7 – Observação de cristais químicos de cultura, Sêniiores (10º -12º) e Exposição de cristais e redes cristalinas à esquerda. Na parede, à direita, a exposição da Arte “On the Rocks” de Cristina Fontoura Carvalhão.



Figura 8 – Cristais de cultura (Séniore) e pequena exposição de cristais e redes cristalinas, em cima.



Figura 9 – Panorâmica do átrio da Torre Sul, Laboratórios Abertos 2020, DEQ. Exposição de cristais e redes cristalinas. Na gravura de cima pode observar-se a Tabela Periódica impressa em 3D. Neste trabalho de cristais, a ligação à impressão 3D foi feita utilizando as fichas da Tabela Periódica de Keith Enevoldsen, muito popular no Ano Internacional da Tabela Periódica 2019, retomada noutros capítulos [4, 14].



Figura 10 – Panorâmica da entrada da Torre Sul, onde esteve instalado o módulo de Química 3D para os Sêniões: à esquerda o módulo de impressão 3D e as peças impressas, incluindo a Tabela Periódica, o módulo de biomateriais e polímeros para próteses e hidrogéis, o bloco de moléculas orgânicas em realidade virtual, a observação de cristais químicos em 3D à lupa estereoscópica e a exposição de cristais e redes cristalinas [2,12]. Na parede, ao fundo, as obras de Arte “On the Rocks” de Cristina Fontoura Carvalhão. Na foto do lado direito, em baixo, trocando impressões com o Prof. Rui Varela, da Escola Maria Amália Vaz de Carvalho, que colaborou num projecto de crescimento de cristais “On the Rocks” e de ligação da Ciência e à Arte, Figura 11 [15].

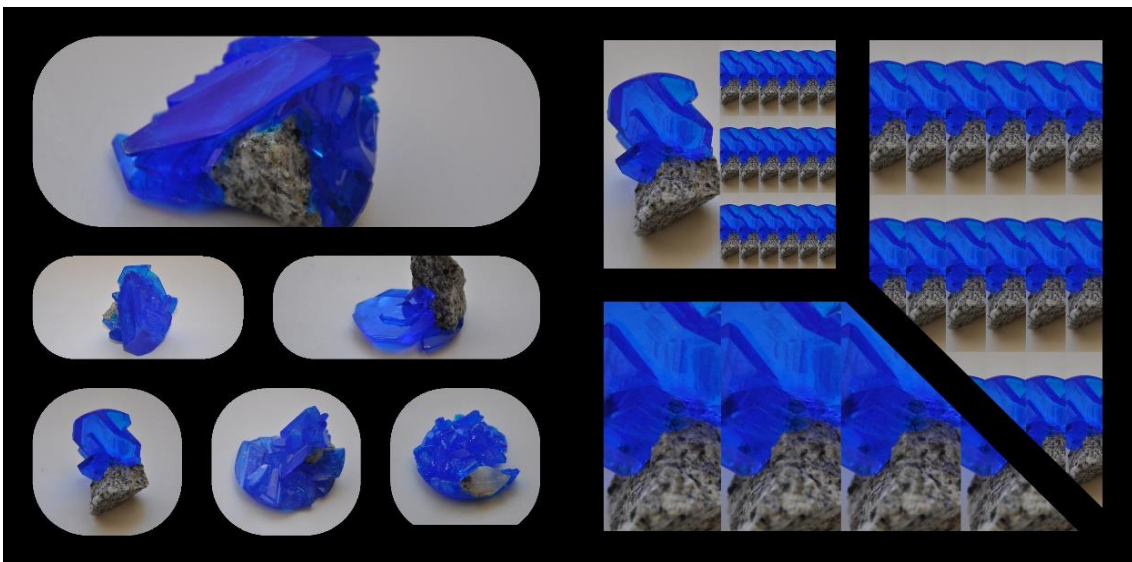


Figura 11 – Cristais de sulfato de cobre pentahidratado em granito, produzidos na Escola Maria Amália Vaz de Carvalho e padrões decorativos deles derivados usando regras de simetria simples. Colaboração com os Professores desta Escola, na exposição Artesãos do Século XXI [15].

A divulgação da Tabela Periódica foi feita durante 2019, IYPT 2019, mas depois do investimento feito, tão centrado na Química, pretende-se não deixar todo esse trabalho na prateleira e dar-lhe continuidade, Figs. 12-14.



Figura 12 – Divulgação da Tabela Periódica na abertura do IYPT2019. Organização do DEQ, Dulce Simão.

Do bloco referente aos biomateriais/biopolímeros para uso em implantes, coroas dentárias e outras próteses, incluídos na Química 3D, faziam parte metais como o aço inoxidável (liga de ferro e carbono), a platina (Fig. 14) e ligas de cobalto-cromo com outros elementos metálicos [2,12,16]. Por isso mesmo a lista de cristais continha compostos de ferro em vários estados de oxidação (2+, 3+), cromo (3+) e cobalto (2+) [2]. Também nesse bloco havia exemplos de materiais cerâmicos como a alumina, a zircónia e a hidroxiapatite, fosfato tricálcico [16]. Em relação a este segundo grupo, foram incluídos cristais de alumínio (alúmen de potássio e suas soluções sólidas com alúmen de cromo), as zircónias cúbicas, um quartzo citrino e um fosfato (dihidrogenofosfato de amónio). Para fazer a ligação com os polímeros dos biomateriais [16], foram incluídos cristais de glicina, um aminoácido constituinte das proteínas, também relacionado com o bloco de Química orgânica. Os aminoácidos combinam-se por reacções de condensação para formar as cadeias proteicas, processo semelhante ao que ocorre nos polímeros. Poderiam ter sido escolhidos outros polímeros para fazer a

ligação, como é o caso das fibras têxteis, mas a observação à lupa em 3D seria demasiado elementar [18].



Figura 13 – Fichas apresentadas na Exposição de Química e Arte: Somos Elementos da Tabela Periódica, durante os Laboratórios Abertos 2019, DEQ. Compostos e reacções estudadas à lupa estereoscópica, com as fichas dos elementos de Keith Enevoldsen [4].

Parte destas fichas serão discutidas no contexto deste trabalho.

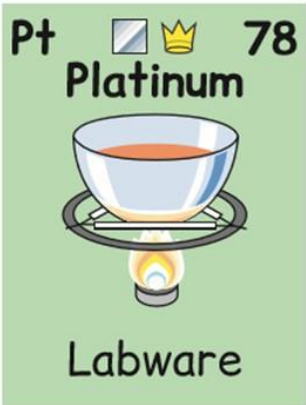




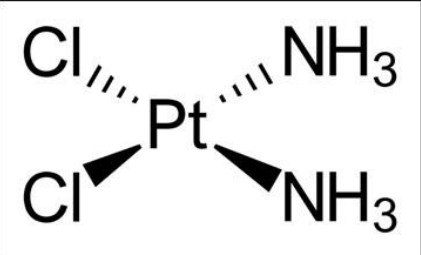
 <p>Pt   78 Platinum</p> <p>Labware</p> <p>elements.wlonk.com</p>	 <p>Pt Platinum 78 non-corroding dense metal; labware, spark plugs, catalyst, pollution control, petroleum cracking, processing fats</p> <p>elements.wlonk.com</p>	
<p>elements.wlonk.com</p>	<p>Compostos de coordenação de platina no tratamento do cancro.</p> <p>IYPT2019</p>	<p>Cruz de platina à lupa estereoscópica, 10x (1,5 cm). Diamante ao centro, aparas de diamantes e safiras azuis. A platina é usada em jóias.</p> <p>Clementina Teixeira, Artesãos do Século XXI, microscopia aplicada ao desenvolvimento de padrões decorativos.</p>
 <p><chem>ClPtCl(N)N</chem></p> <p>https://en.wikipedia.org/wiki/Platinum-based_antineoplastic</p>		

Figura 14 – A platina é um metal precioso usado em biomateriais, próteses, joalheria e material de laboratório (cadinhos de platina). Exemplo da ficha da platina construída com uma jóia observada à lupa estereoscópica e a ficha do elemento da Tabela Periódica de Keith Enevoldsen. Os visitantes puderam observar uma peça de joalheria em platina, bem como um cadinho usado em laboratório [4].

Em relação à simulação de moléculas orgânicas em realidade virtual, outro dos blocos da Química 3D [12,17] houve a preocupação de incluir também na observação à lupa, vários cristais de substâncias orgânicas: ureia (Fig. 15) tioureia, salicilato de fenilo (salol) Fig.16, ácido tartárico, sal de Rochelle (tartarato de sódio e potássio tetrahidratado) Fig. 17, etc.

Os cristais químicos para observação aqui incluídos não são minerais. São produzidos em laboratório, embora alguns deles existam na Natureza na forma mineral, sem que o Homem tenha contribuído para a sua formação [2]. No trabalho experimental utilizaram-se muitas amostras antigas, algumas conservadas em armários há mais de vinte anos, no escuro, ao abrigo do pó, calor e humidade. Muitas dessas amostras resultaram da preparação de cristais em rochas e superfícies rugosas, o método “On the rocks”: existem sempre imensos cristais que não ficam agarrados ao suporte de

superfície rugosa, rocha ou concha, e muito deles podem ser conservados e utilizados posteriormente como material didático. Recentemente descobriu-se uma antiga coleção de cristalizadores com sais inorgânicos incolores, dopados com corantes alimentares que apesar de se degradarem com a luz, se mantiveram incólumes durante cerca de 18 anos armazenados no escuro, ao abrigo do pó e da humidade Figs. 21-23. Estas e outras amostras feitas propositadamente para o evento foram fotografadas à lupa com telemóvel e também em foto macro. A partir das fotos estão a ser construídos padrões decorativos utilizando regras de simetria simples (reflexão, translação, rotação, reflexão deslizante e fotomanipulação).

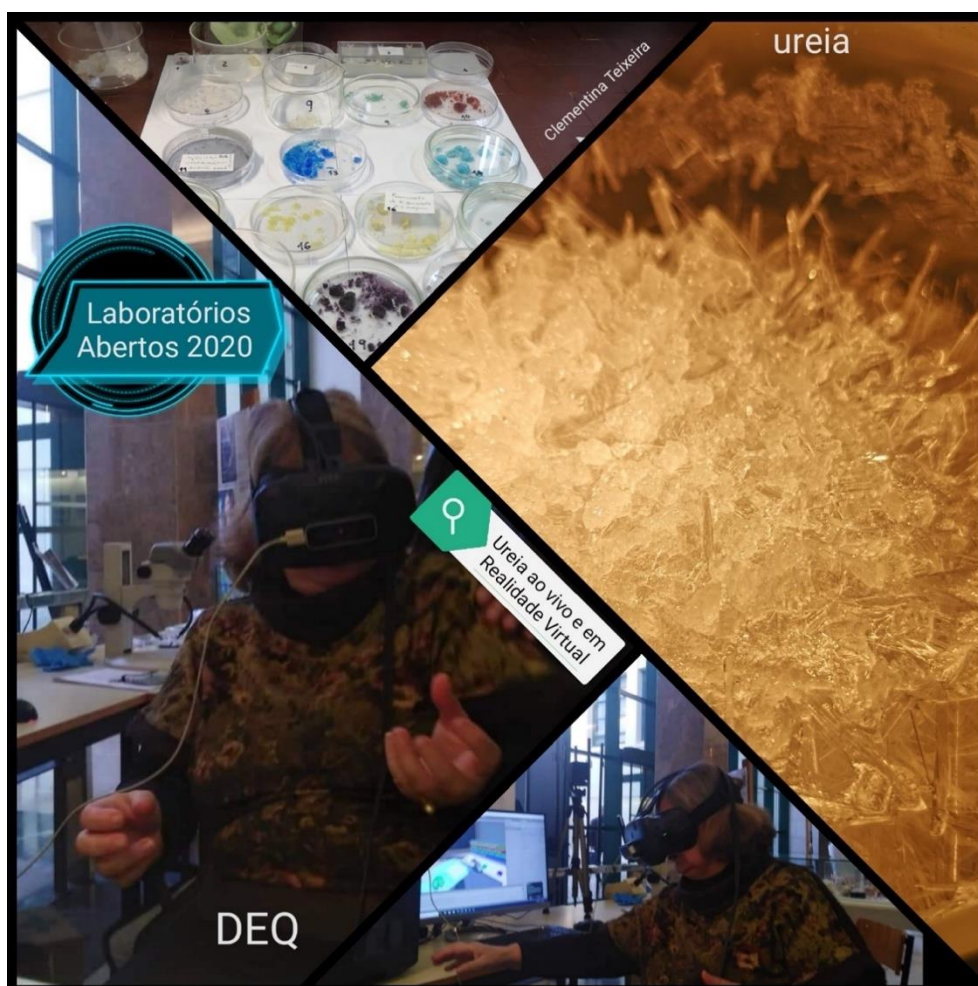


Figura 15 – A ureia forma cristais aciculares lindíssimos, muito frágeis, agulhas. Foi cristalizada por evaporação, em repouso, a baixa temperatura, cerca de 5 °C, a partir de soluções aquosas sobressaturadas. A molécula da ureia foi simulada no módulo de realidade virtual, embora o programa, na altura, ainda não estivesse suficientemente desenvolvido para reproduzir os ângulos entre as ligações [12]. Neste trabalho os cristais de ureia são apresentados numa secção própria.



Figura 16 – Cartazes da Exposição dos Laboratórios Abertos 2018 relativos à Química dos cristais de salol, salicilato de fenilo, um clássico de demonstração de métodos de cristalização e observação à lupa estereoscópica, apresentado noutra secção [19]. Salientam-se para este composto os estudos de termomicroscopia de luz polarizada, a ligação à Arte a partir das belíssimas e coloridas fotomicrografias, e alguns padrões decorativos impressos e plastificados para fazer capas de álbuns, e que foram integrados na Exposição Artesãos do Século XXI [11,19].

A observação à lupa deve ser feita com muito cuidado, utilizando pinças para manusear as amostras disponíveis em caixas de Petri. Muitas das amostras são perigosas, tóxicas ou nocivas, pelo que durante a observação não devem levar as mãos à boca, nariz e olhos, obedecendo às regras de segurança habituais. Substâncias carcinogénicas como é o caso dos compostos de níquel e de cromo (6+), cromatos e dicromatos, não foram incluídos na lista dos observáveis, mas remetidos para a exposição. Não é aconselhável misturar amostras para evitar a ocorrência de reações que levem à destruição dos compostos, bem como a adição de outros reagentes. No entanto, o monitor pode e deve efectuar pequenas demonstrações misturando compostos, adicionando água ou solvente, de forma controlada, com uma finalidade pedagógica específica. As oculares

das lupas devem ser limpas com frequência, utilizando tecidos aveludados não abrasivos apropriados para lentes óticas e disponibilizados no local.

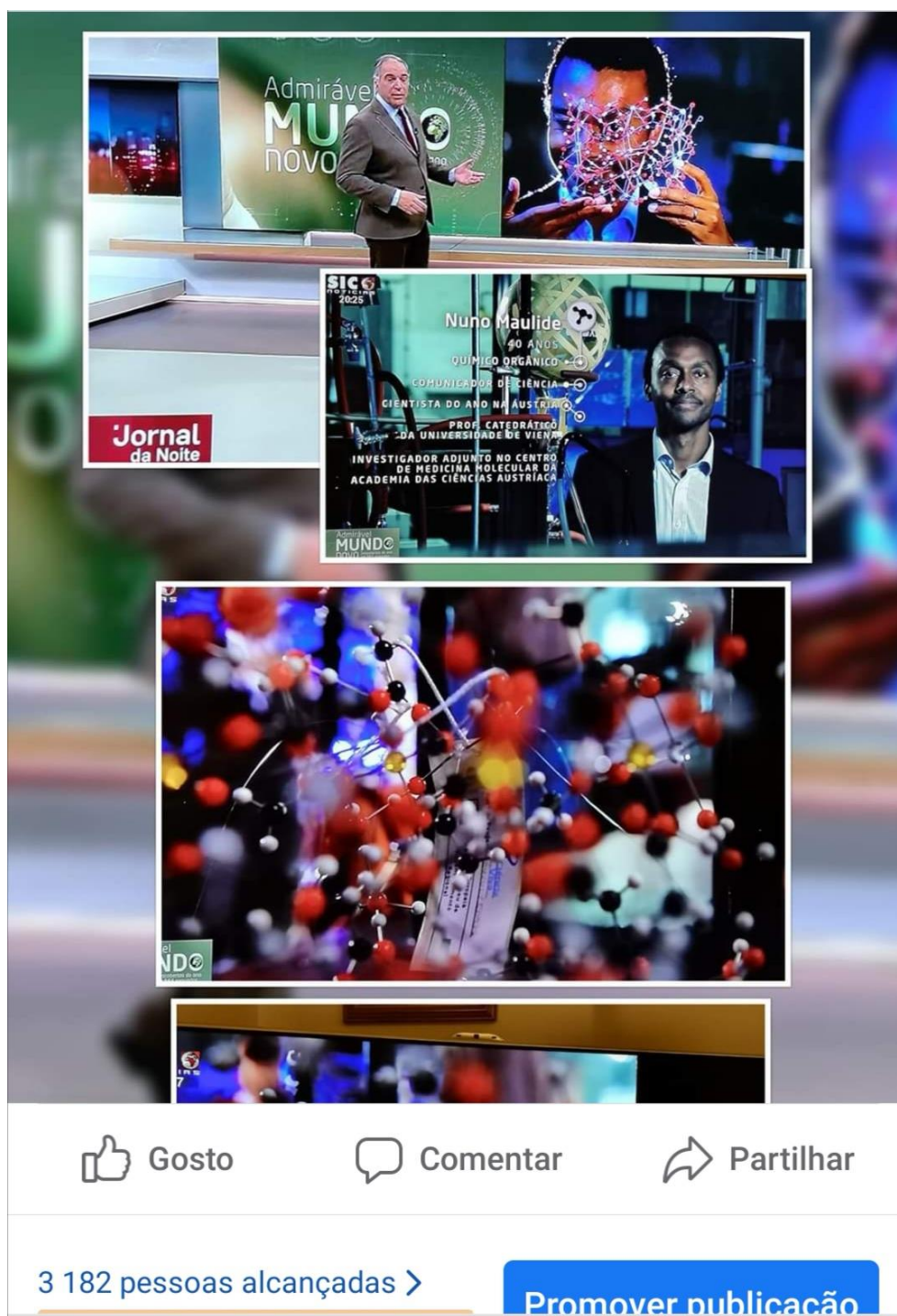


Figura 17 – Entrevista de Nuno Maulide no programa Admirável Mundo Novo da Sic Notícias, com a rede cristalina rigorosa do Sal de Rochelle, tartarato de sódio e potássio tetrahidratado (Beevers Miniature Models®) e sua divulgação na rede social Facebook [20], organizada por Joana Lobo Antunes.

Algumas surpresas desagradáveis ocorreram durante os ensaios, em ambientes muito húmidos, nomeadamente com compostos deliquescentes e higroscópicos. Foi o caso do

cloreto de cobre (2+) dihidratado, do cloreto de cobalto (2+) hexahidratado, os dois muito deliquescentes, formando uma fase líquida na qual se dissolveu a maioria dos cristais e do cloreto de sódio, muito higroscópico, com o mesmo efeito. Por isso mesmo as amostras foram diferentes nos dois postos de observação, Júniores e Sêniores, com condições de humidade atmosférica distintas.

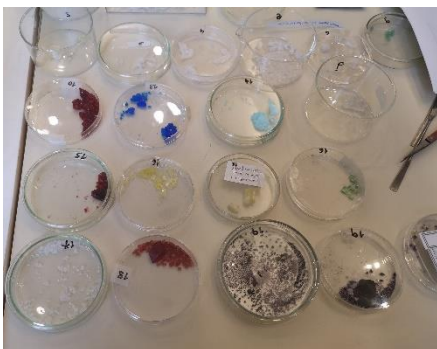


Figura 18 – Cristais nos Sêniores, observação à lupa estereoscópica.

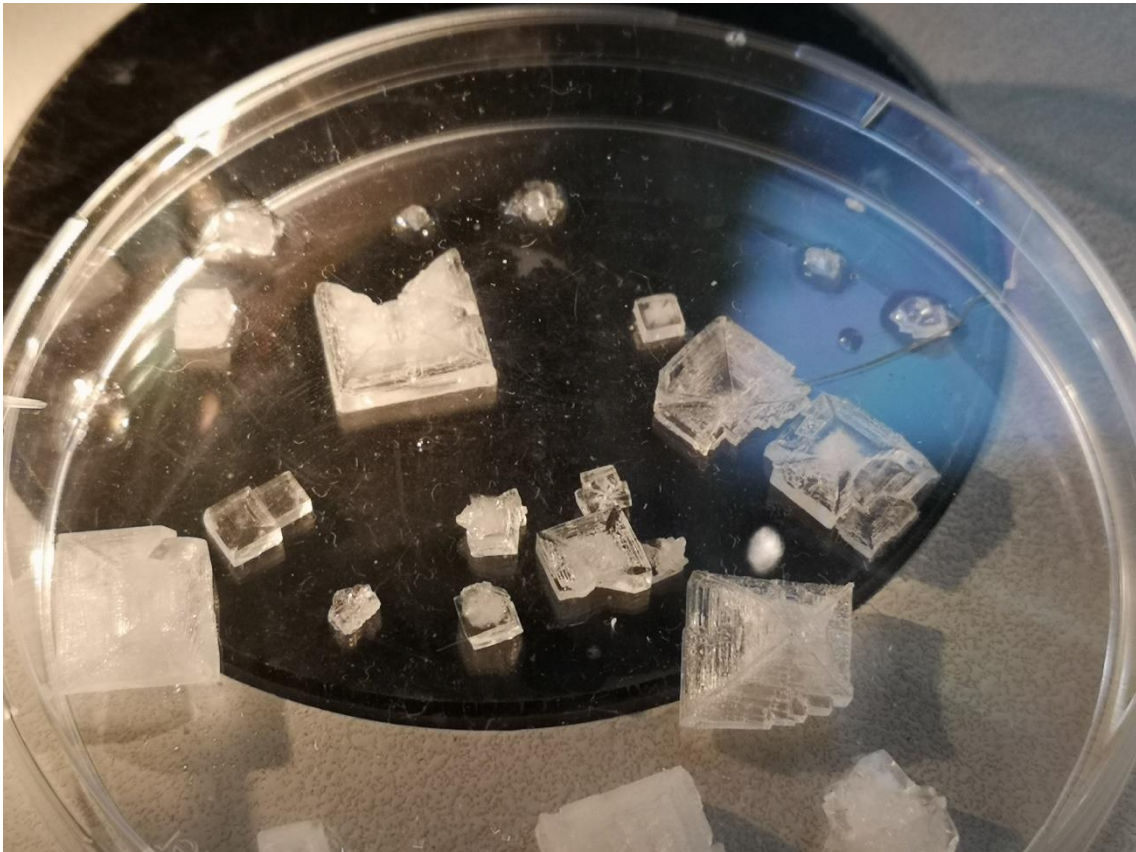
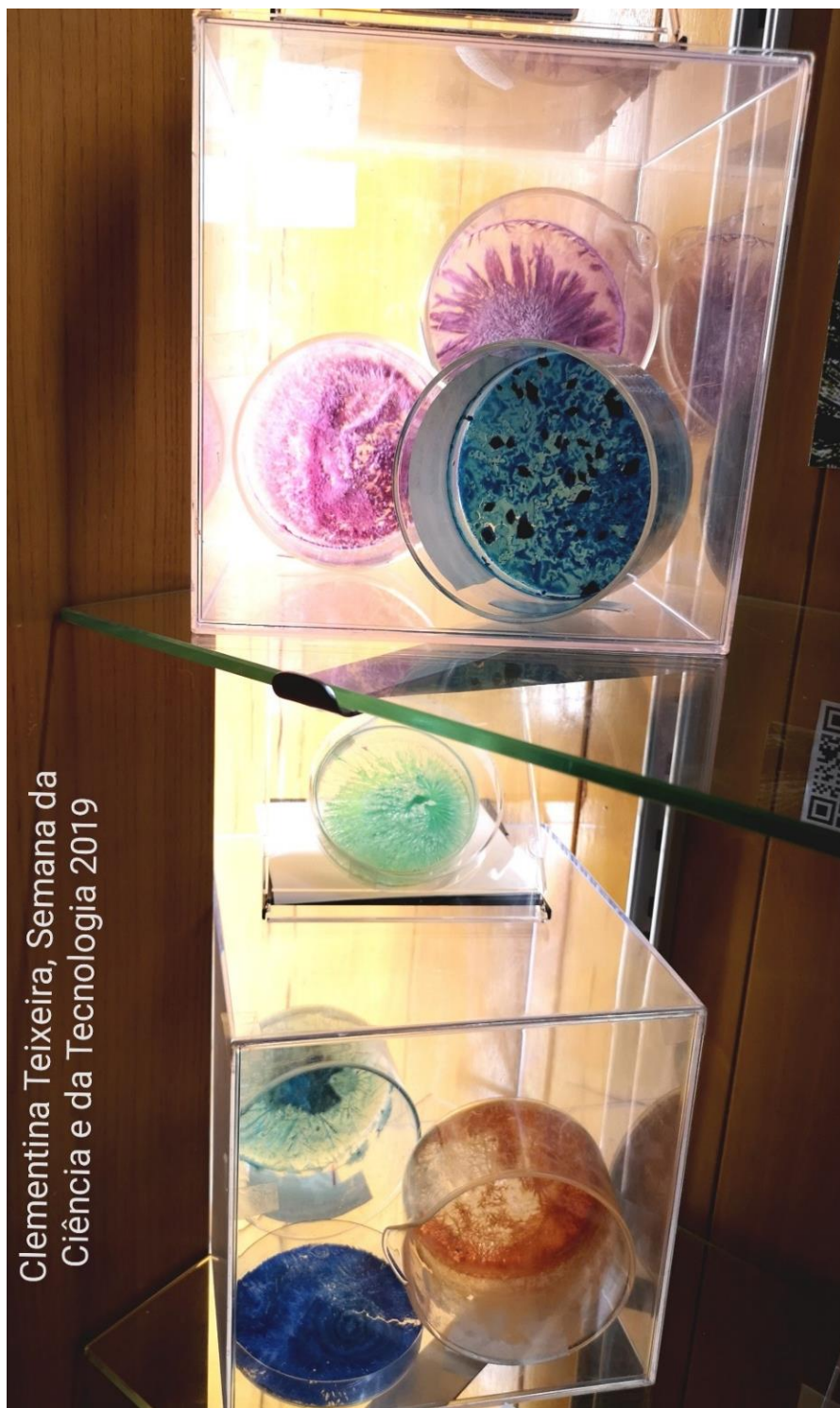


Figura 19 – Cristais tesserais de cloreto de sódio, com defeitos cristalinos, em cruz de Pátea, os malteses [2,21], com gotas de água visíveis na foto e que se perderam, devido ao seu carácter higroscópico.



Figura 20 – O espólio dos laboratórios do DEQ: cristais de grandes dimensões em ampolas, muito antigas, de marca alemã, que esperam a sua identificação e inclusão na coleção museológica do DEQ. Muitas destas amostras já foram identificadas e expostas neste evento. Material didático para o ensino de crescimento de cristais, muito provavelmente pela técnica clássica de suspensão por um fio.



Clementina Teixeira, Semana da
Ciência e da Tecnologia 2019

Figura 21 – Exposição de cristais químicos cultivados em Laboratório, em cristalizadores, durante a Semana da Ciência e da Tecnologia 2019, no Centro de Química Estrutural do IST, Complexo Interdisciplinar [22]. Amostras de sais inorgânicos incolores com corantes alimentares (dois de cor violeta, com carmoisine, e um de cor laranja, com amarelo sol; em baixo um verde, sulfato de magnésio heptahidratado com mistura de tartrazina e azul brilhante FCF [23,24]; os restantes, três compostos de cobre, cloreto de cobre dihidratado, acetato de cobre monohidratado e complexo de cobre com glicina [24]).

Clementina Teixeira, Semana da
Ciência e da Tecnologia 2019

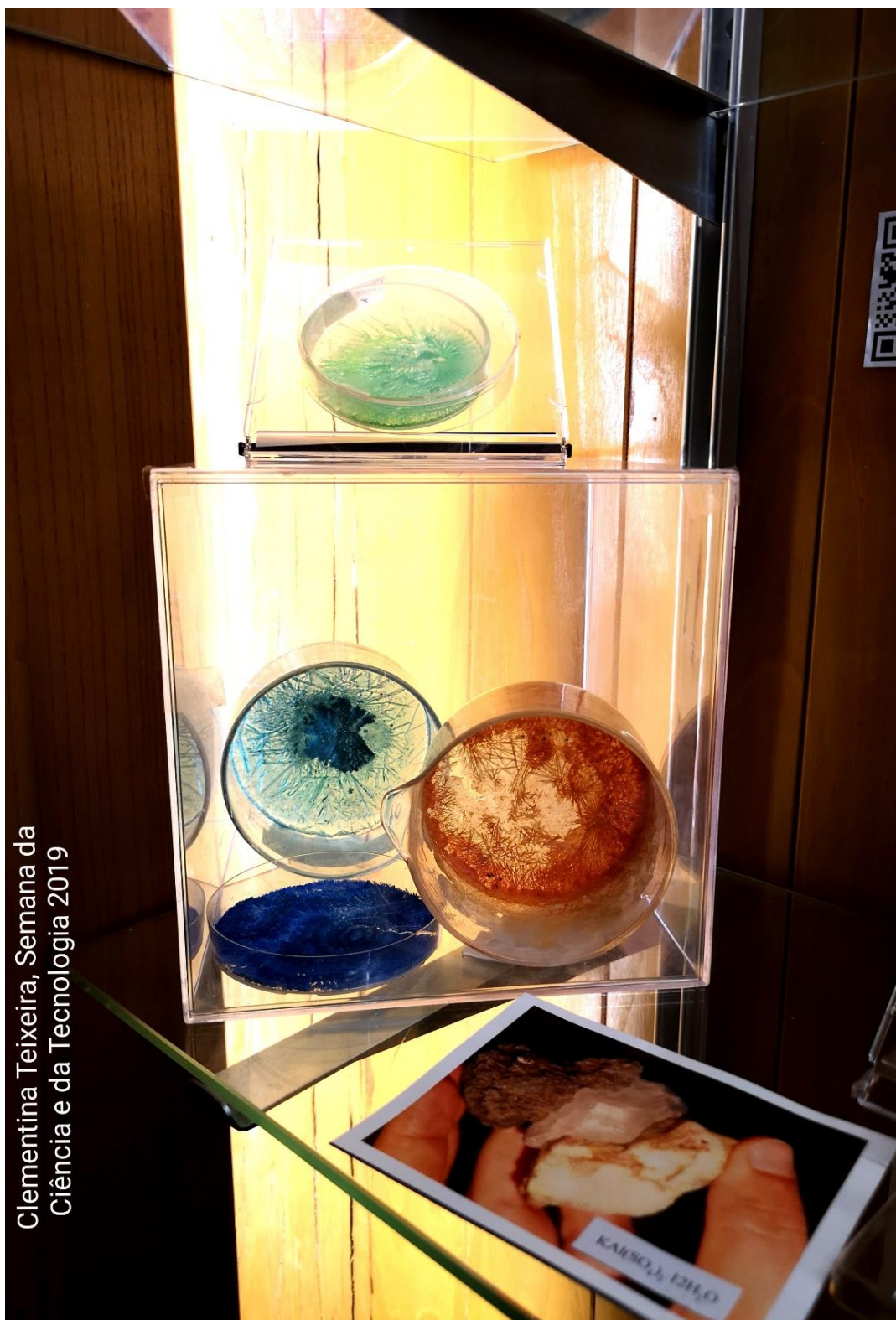


Figura 22 – Exposição de cristais químicos cultivados em Laboratório, em cristalizadores na Semana da Ciência e da Tecnologia 2019, no Centro de Química Estrutural do IST. Os cristalizadores foram montados em caixas de telemóveis recicladas [22-24].



Figura 23 – Exposição de cristais químicos cultivados em Laboratório, em cristalizadores, e amostras de cristais “On the rocks” na Semana da Ciência e da Tecnologia 2019, no CQE, IST. Os cristalizadores foram montados em caixas de telemóveis recicladas. Vários exemplos de materiais didáticos desenvolvidos por financiamento de projetos Ciência Viva do CQE-IST. Também em destaque, as redes cristalinas rigorosas Beevers (Miramodus Molecular Models®) de alguns cristais. Na figura em baixo, cristais inorgânicos em cristalizadores para visualização à lupa estereoscópica, alguns deles conservados desde 2002 e que fotografados em macro e em fotomicrografia têm permitido desenvolver padrões decorativos interessantes [22-25].

Agradecimentos

Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal, Centro de Química Estrutural – Project UIOB/00100/2020 (financiamento parcial). Clementina Teixeira agradece os equipamentos cedidos pelos GeoMuseus do IST, ao abrigo de uma colaboração com o Prof. Manuel Francisco Costa Pereira que data de há vários anos.

Bibliografia e Notas

- [1] Este é o primeiro de vários Capítulos de uma publicação que abarca o trabalho de cristais químicos apresentado nos Laboratórios Abertos 2020 do DEQ e outras ações de divulgação desenvolvidas no Centro de Química Estrutural do IST.
- [2] Clementina Teixeira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Gonçalo Santos em “Cristais Químicos em 3D e Exposição”, Livro dos Laboratórios Abertos 2020, eds. M. A. Lemos, C. Gomes de Azevedo, D. Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Fevereiro 2020, p127-180.
- [3] Clementina Teixeira, Os Cristais no Ensino e Divulgação da Química, Colóquio Ciências, Fundação Calouste Gulbenkian, **25**, 20-36 (2000).
- [4] Clementina Teixeira em “Química e Arte: Sugestões para o Ano Internacional da Tabela Periódica 2019”, Livro dos Laboratórios Abertos 2019, eds. M.A.Lemos, C.Gomes de Azevedo, D.Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, ISBN: 978-989-99508-6-3.
- [5] C. Teixeira, V. André, N. Lourenço, M. J. Rodrigues, “Crescimento de Cristais por Nucleação Heterogénea: On the Rocks Revisited”, *Ciência e Tecnologia dos Materiais*, 19, nº1-2 (2007) 66-77.
- [6] C. Teixeira, (Colaboradores: N. Lourenço, S. Matos, M. J. Rodrigues, P. Ferreira da Silva, N. Sousa), “On The Rocks” Crystallization on Rough Surfaces -*video nº2*, Departamento de Engenharia Química e Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1096 Lisboa Codex, Julho 1997, Junho 2000, ISBN 972-98598-0-9, p1-69. DOI: 10.13140/2.1.1493.2161.
- [7] Clementina Teixeira, (Colaboradores: Nuno Lourenço, Sandro Matos, Maria José Rodrigues, Palmira Ferreira da Silva, Noé Sousa, Escolas Secundárias Manuel Cargaleiro e Palmela). “**As Rochas Ornamentais e Os Minerais Sintéticos**”, *video nº1*, Departamento de Engenharia Química e Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1096 Lisboa Codex, Abril 1997, Junho 2000, ISBN 972-98598-0-9, p1-24. Comercializado pela empresa SITAF e directamente pelo CQE/IST. Vem acompanhado com um pequeno catálogo com a identificação dos cristais. DOI: 10.13140/2.1.4039.9048. https://www.researchgate.net/publication/268148674_As_Rochas_Ornamentais_e_Os_Minerais_Sinteticos_video_n1 (texto)
- [8] https://www.researchgate.net/publication/337480758_Rochas-Ornamentais-e-Minerais-Sinteticos-720pmp4
<https://www.youtube.com/watch?v=75HYbF4xi5k>
- [9] Clementina Teixeira, Erik Ceshini Panighel Benedicto, **The Hidden Beauty of Chemical Reactions, Beautiful Chemical Reactions under the Stereomicroscope. Pgs1-30**, Novembro 2014. DOI: 10.13140/2.1.4483.2961. https://www.researchgate.net/publication/268214168_The_Hidden_Beauty_of_Chemical_Reactions_Beautiful_Chemical_Reactions_under_the_Stereomicroscope
- [10] Clementina Teixeira, Jacob Christian Poen de Wijs, Jantina Peperkamp, Christa Zaat “**Padrões Decorativos: Divulgação Colaborativa de Ciência e Arte**”, Poster, V Encontro Internacional da Casa das Ciências, Centro Cultural Vila Flor, Guimarães, 9-11 de Julho de 2018. Poster DOI: 10.13140/RG.2.2.18898.04800. https://www.researchgate.net/publication/326395751_Ciencia_e_Arte_Simetrias
- [11] C. Teixeira, “Artesãos do Século XXI”- Artesanato observado ao microscópio, Catálogo da exposição, edição de autor, Projecto Ciência Viva, CV 100-2009/432, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, p 1-17, Dezembro 2009. DOI: 10.13140/RG.2.1.4313.2969. Consultar os numerosos suplementos (links) na

ResearchGate, com os cartazes e montagens de fotomicrografias de reações químicas e cristalizações. Apresentam-se como anexos, em pdf, na referida rede de profissionais.

[12] Livro dos Laboratórios Abertos 2020, eds. M.A.Lemos, C.Gomes de Azevedo, D.Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, acessado em 13/5/2020. <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1689468335635879/Livro%20dos%20Laboratorios%20Abertos%202020.pdf>.

[13] Clementina Teixeira, Hermínio Diogo, Manuel Francisco Costa Pereira, Maria Conceição Oliveira, Vânia André, “Rede Cristalina: 25 anos de Divulgação em Química”, Apresentação de Projeto, VI Encontro Internacional da Casa das Ciências, Livro de Resumos, p75,76, 12 de Julho de 2019, FCUL, Lisboa. https://www.researchgate.net/publication/337901251_Rede_Cristalina_25_anos_de_Divulgacao_em_Quimica_Apresentacao_de_Projeto_Livro_de_Resumos_p7576_VI_Encontro_Internacional_da_Casa_da_s_Ciencias_10-12_de_Julho_de_2019_FCUL_Lisboa

[14] Clementina Teixeira, Manuel Francisco Costa Pereira, **Semana da Ciência e da Tecnologia 2018, Ciência Viva, Centro de Química Estrutural do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa**, 21-23 de Novembro 2018 (com a colaboração de Museu Alfredo Bensaúde, Museu Décio Thadeu e Departamento de Engenharia Química). DOI: 10.13140/RG.2.2.10410.88004. https://www.researchgate.net/publication/330202205_Semana_da_Ciencia_e_da_Tecnologia_2018_Ciencia_Viva_no_Centro_de_Quimica_Estrutural_do_Instituto_Superior_Tecnico_Universidade_de_Lisboa

[15] Clementina Teixeira, Helena M.G.S. M Trigo Teixeira, Rui P.G.Vareda, M.V. Barrôgo Linhas, Jacob Christian Poen de Wijs, **Crystals, Microscopy and the Art of Poen de Wijs, Copper Sulphate(II) pentahydrate “On the Rocks”**, Comunicação oral, II Encontro Internacional da Casa das Ciências, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 14-16 de Julho de 2014. https://www.researchgate.net/publication/325662219_Clementina_Teixeira_Helena_MGS_M_Trigo_Teixeira_Rui_PG_Vareda_MV_Barrogo_Linhas_Jacob_Christian_Poen_de_Wijs_Crystals_Microscopy_and_the_Art_of_Poen_de_Wijs_Copper_SulphateII_pentahydrate_On_the_Rocks
https://www.researchgate.net/publication/325662139_Clementina_Teixeira_Poen_de_Wijs_Copper_Sulphate

[16] Da referência 12 fazem parte dois trabalhos de biomateriais da autoria de Ana Paula Serro e colaboradores, uma palestra e um bloco de experiências 3D.

[17] Da referência 12 faz parte um bloco de Química 3D em Realidade Virtual com jogos para estabelecer a estrutura de moléculas orgânicas.

[18] Clementina Teixeira, Exposição Nó Cego, reciclagem de têxteis, ref. 4. <https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1907332722640931/1907333299307540/?type=3&theater> (acessado em 14/5/2020).

[19] H. P. Diogo, C. Teixeira, G. Santos, E. C. P. Benedicto, Retratos de uma molécula: salol. Observação da Cristalização por Termomicroscopia de Luz Polarizada e Microscopia Ótica, comunicação em poster, III Encontro Internacional da Casa das Ciências, ISEP, Porto, 11-13 de Julho 2016.

a) <https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1243864185654458/1286468528060690/?type=3&theater>

b) https://www.facebook.com/pg/profClementinaTeixeira/photos/?tab=album&album_id=1012523065455239

[20] <https://sicnoticias.pt/programas/admiravel-mundo-novo1/2020-01-01-Tornar-as-reacoes-quimicas-mais-limpas-e-sustentaveis> (acessado em 19/1/2020).

[21] C. Teixeira, V. André, S. Chaves, H. Diogo, N. Lourenço, F. Meneses, “Água quase tudo...e cloreto de sódio: purificação do cloreto de sódio”, Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, 106, 18-29, 2007.

https://www.researchgate.net/publication/234101140_gua_quase_tudo...e_cloreto_de_sodio_purificao_do_cloreto_de_sodio

[22] Clementina Teixeira, Semana da Ciência e da Tecnologia 2019, Ciência Viva, Visita guiada a módulos expositivos, “**Cristais On the Rocks e divulgação da ciência com ligação à arte**”, 28, 29 de Novembro de 2019.

[23] Clementina Teixeira, Projeto Pinilla, David Fernandez Pinilla, Henrique Matos e Cristina Fernandes, estudo de sais inorgânico incolores coloridos com corantes alimentares, resultados não publicados.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/3192826640758193/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/3731151150259070/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/3348069388567250/?type=3&theater>

[24] Clementina Teixeira, Gonçalo Santos, João A. Fortes, Jantina Peperkamp, “Cristais, Simetrias do GeCl_a, Arte e Tabela Periódica”, comunicação em Poster, VI Encontro Internacional da Casa das Ciências, FCUL, 10-12 de Julho 2019. **DOI:** 10.13140/RG.2.2.30815.20647

https://www.researchgate.net/publication/335176208_CRISTAIS_SIMETRIAS_DO_GECLA_ARTE_E_TABE_LA_PERIODICA_VI_Encontro_Internacional_da_Casa_das_Ciencias_FCUL_Lisboa_10_a_12_de_Julho_de_2019

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/2926105104097016/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/2927567293950797/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/2927567840617409/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2195127627194771/3460609350646586/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2195127627194771/2510484122325785/?type=3&theater>

[25] Clementina Teixeira, Padrões de Química, Simetria e Fotomanipulação.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3741565915884260/?type=3&theater>

Capítulo 2. Observação de objetos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Zircónias.

Clementina Teixeira

Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Este é o segundo Capítulo da publicação de cristais à lupa estereoscópica, tema apresentado num módulo designado por Química 3D, nos Laboratórios Abertos 2020 do DEQ, em colaboração com o Centro de Química Estrutural do IST [1-3]. Os conteúdos aqui desenvolvidos são um prolongamento do trabalho apresentado numa secção da exposição itinerante “Artesãos do Século XXI” [4] que decorreu em várias escolas e no IST (2009-2020), a qual incluía um tema sobre jóias e artigos de ourivesaria, Ourives do Século XXI [5,6]. Como objetos de estudo foram escolhidos anéis de ouro com zircónias cúbicas, cristais químicos de dióxido de zircónio, sintetizados como imitação do diamante pelo seu brilho e forma de lapidação, o que torna as peças muito mais acessíveis, Figs. 1,3,4,7-10. Numa das peças observou-se também um quartzo citrino de cor amarela e ainda foram vistas várias zircónias soltas e encastoadas em objectos de adorno antigos. A visualização destes itens à lupa estereoscópica é entusiasmante, com grande adesão do público que muitas vezes traz as suas próprias peças para observar. Com as fotomicrografias obtidas encostando telemóveis e câmaras digitais à ocular da lupa constroem-se padrões decorativos com regras de simetria muito simples (reflexão, translação, rotação, reflexão deslizante) com programas como o Photoshop®, PowerPoint®, Picasa®, programas de simetria, tal como o GeCla® [7-10] e muitas outras aplicações de fotomanipulação e montagem disponíveis de forma gratuita para telemóveis. Para cada sistema estudado foram feitas fichas recorrendo à Tabela Periódica de Keith Enevoldsen [11] para os elementos envolvidos, *ie*, o zircónio, o ouro e o silício do quartzo citrino (sílica, SiO₂, com inclusões férricas). Além da ourivesaria as zircónias cúbicas sintéticas são usadas como biomateriais cerâmicos [12] para próteses ósseas, dentárias e implantes, Fig. 2, investigação liderada no IST por Ana Paula Serro [13,14].

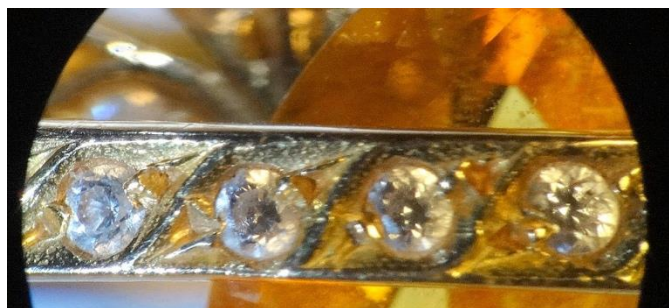


Figura 1- Anel de ouro com zircónias e quartzo citrino, 25x.

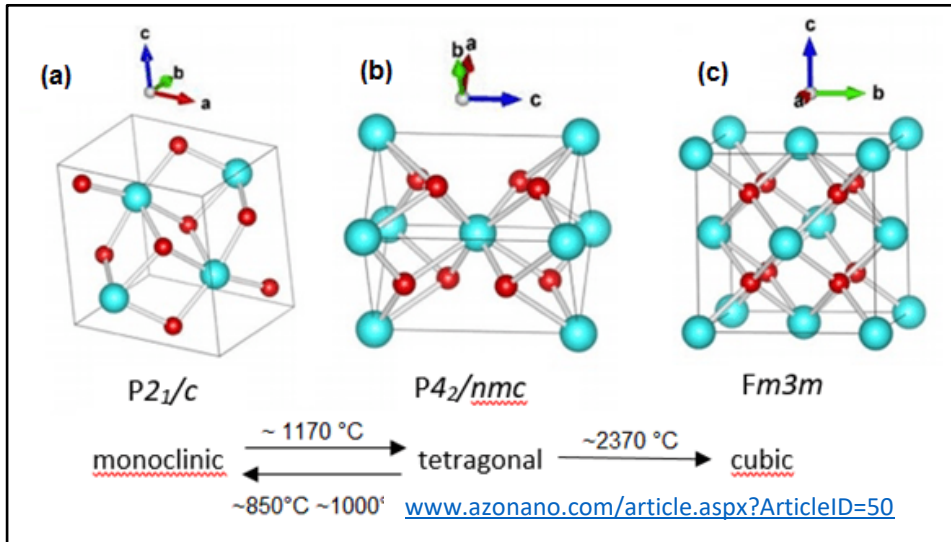


Figura2 – O zircônio entra na composição das zircónias usadas como biomateriais cerâmicos [14]. As zircónias cúbicas sintéticas de ourivesaria são um dos três polimorfos do ZrO_2 , cristalizam no sistema cúbico, estrutura cúbica de faces centradas. As amostras observadas foram partilhadas no módulo 3D por dois grupos, os cristais 3D e os biomateriais. A figura mostra as redes cristalinas dos três polimorfos do ZrO_2 (Zircônio= azul, oxigênio= vermelho). Os polimorfos apresentam a mesma constituição química, *i.e.*, a mesma fórmula e ligações, diferindo no empacotamento.

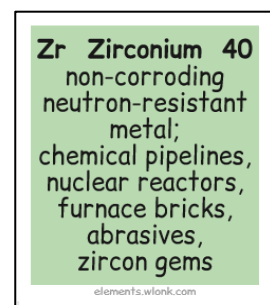
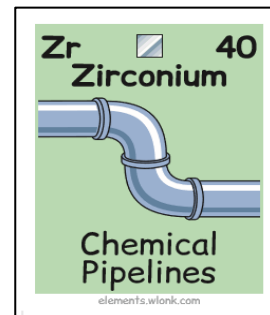
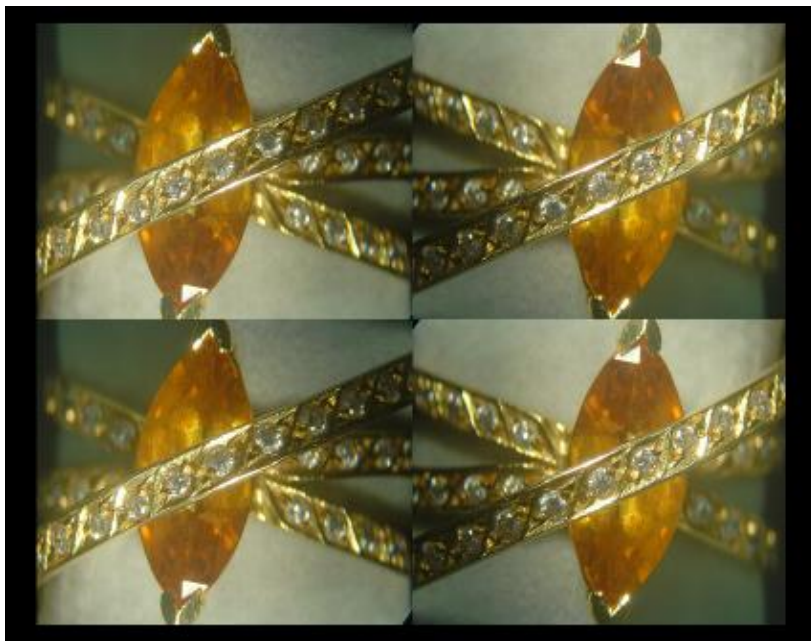


Figura 3 – Anel em ouro com quartzo citrino e zircónias imitando o diamante, lupa estereoscópica, 10x. Capa de álbum, simetrias de translação, um dos primeiros trabalhos dos Artesãos do Século XXI [4,5]. Ligação à Tabela Periódica de Keith Enevoldsen: zircônio, o elemento que se pretende realçar. Mas poderíamos de igual modo juntar as fichas do ouro, do silício e até o do ferro, pois os quartzos citrinos são dióxido de silício com impurezas férricas.

Clementina Teixeira

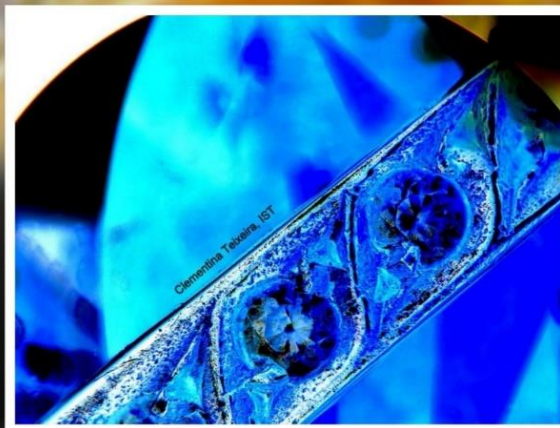


Figura 4 – Fotomicrografias do anel de ouro com quartzo citrino e zircónias à lupa estereoscópica, 10x, em cima, 25x nas outras duas fotomicrografias. Fotomanipulação e efeitos digitais com o Picasa® com inversão de cores, imagem azul. Corresponde ao negativo de uma foto [15,16].

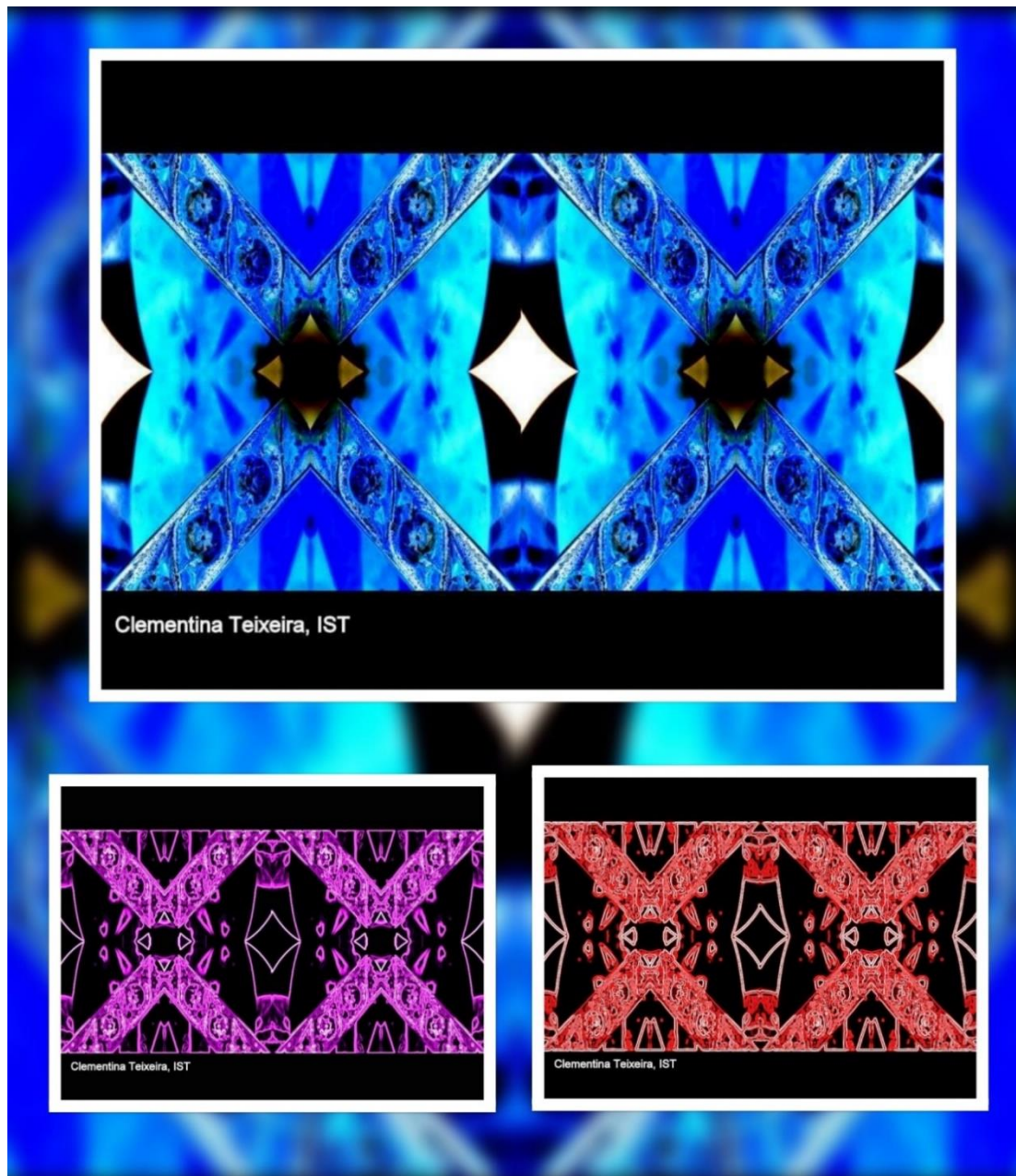


Figura 5 – Simetrias feitas a partir da figura anterior, imagem azul, dois eixos de simetria de reflexão, formando uma máscara de “mocho”, em cima [15,16], projeto para crianças desenvolvido na rede social *Facebook*, a partir de fotomicrografias e regras de simetria muito simples (aqui, simetrias de reflexão e translação). Em baixo, efeitos digitais feitos com o programa Picasa®. A coleção de máscaras foi ligada à obra de Poen de Wijs, num projeto de Ciência e Arte para crianças. Além das máscaras podem ser produzidos padrões decorativos para imprimir e fazer acessórios para jóias, papel de embrulho, folhas de papel decorativas para origami, etc. [4-7]. Este projeto de máscaras está suspenso, pois existe um outro tipo de máscaras de proteção que por agora é muito mais importante. Seria demais ver as crianças usando máscaras de Carnaval e em simultâneo máscaras cirúrgicas! Poderá seguir o projeto num álbum a ele dedicado no *Facebook* e nas publicações no *Researchgate* [7,8].

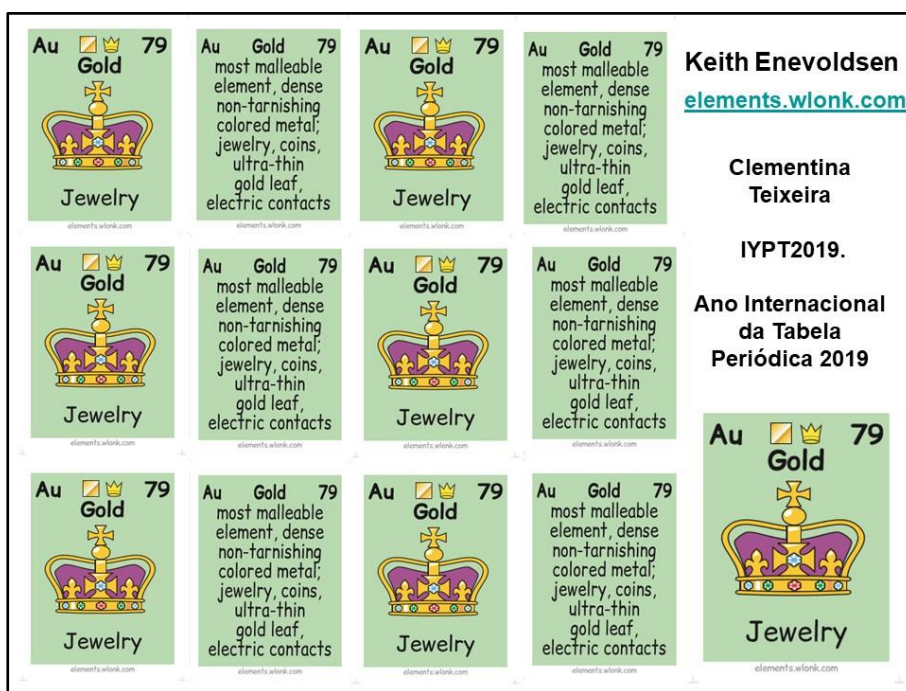
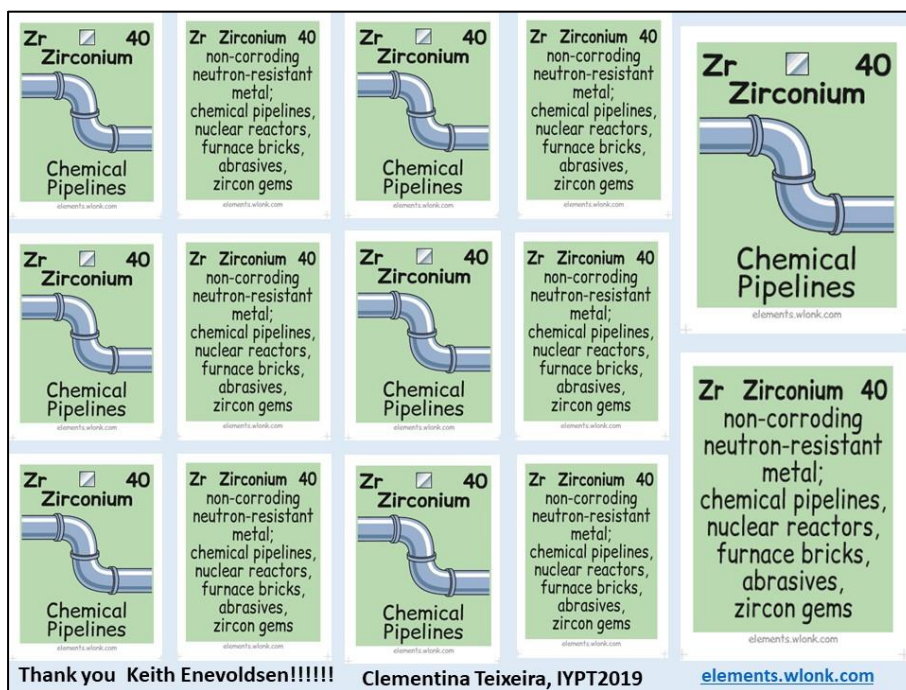
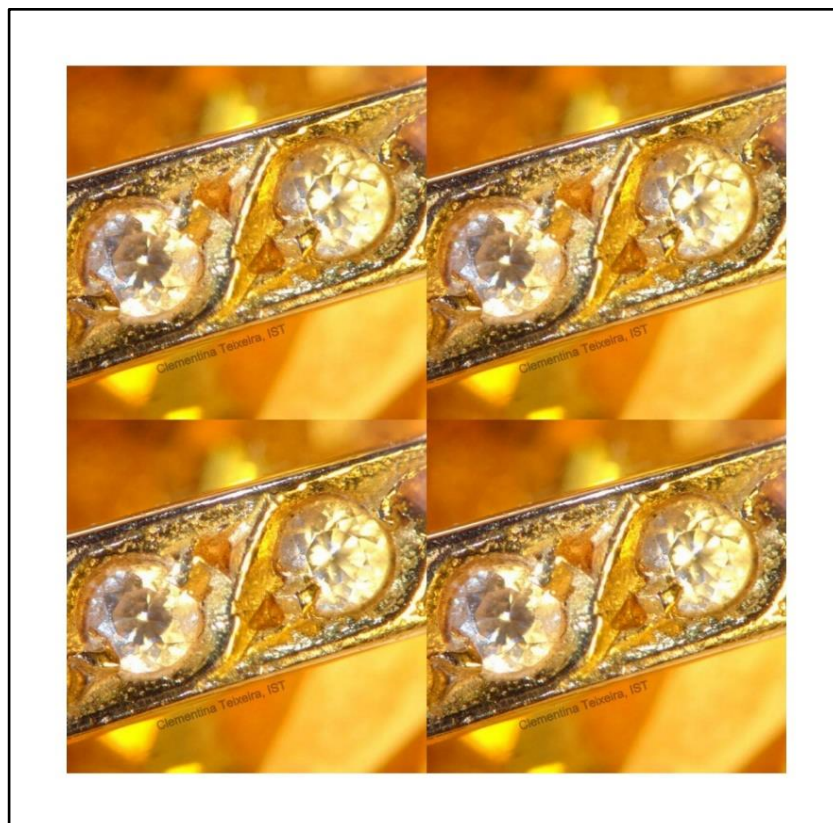


Figura 6 – A Tabela Periódica de Keith Enevoldsen foi muito divulgada durante o Ano Internacional da Tabela Periódica, 2019, existindo também uma versão traduzida no Brasil [9,11]. Nesta figura as fichas do Zircônio e do Ouro presentes no anel poderiam ser recortadas para distribuir pelos alunos e acopladas às respectivas fotomicrografias, fazendo uma ficha mais completa.




<p>Si  14 Silicon</p>  <p>Stone, Sand, and Soil</p>	<p>Si Silicon 14 hard metalloid; quartz, granite, sand, soil, clay, ceramics, glass, algae, diatoms, semiconductors, computer chips, silicone rubber</p> <p>elements.wlonk.com</p>	<p>Si  14 Silicon</p>  <p>Stone, Sand, and Soil</p>	<p>Si Silicon 14 hard metalloid; quartz, granite, sand, soil, clay, ceramics, glass, algae, diatoms, semiconductors, computer chips, silicone rubber</p> <p>elements.wlonk.com</p>	<p>Keith Enevoldsen elements.wlonk.com Clementina Teixeira IYPT2019.</p>
<p>Si  14 Silicon</p>  <p>Stone, Sand, and Soil</p>	<p>Si Silicon 14 hard metalloid; quartz, granite, sand, soil, clay, ceramics, glass, algae, diatoms, semiconductors, computer chips, silicone rubber</p> <p>elements.wlonk.com</p>	<p>Si  14 Silicon</p>  <p>Stone, Sand, and Soil</p>	<p>Si Silicon 14 hard metalloid; quartz, granite, sand, soil, clay, ceramics, glass, algae, diatoms, semiconductors, computer chips, silicone rubber</p> <p>elements.wlonk.com</p>	<p>Ano Internacional da Tabela Periódica 2019</p>
<p>Si  14 Silicon</p>  <p>Stone, Sand, and Soil</p>	<p>Si Silicon 14 hard metalloid; quartz, granite, sand, soil, clay, ceramics, glass, algae, diatoms, semiconductors, computer chips, silicone rubber</p> <p>elements.wlonk.com</p>	<p>Si  14 Silicon</p>  <p>Stone, Sand, and Soil</p>	<p>Si Silicon 14 hard metalloid; quartz, granite, sand, soil, clay, ceramics, glass, algae, diatoms, semiconductors, computer chips, silicone rubber</p> <p>elements.wlonk.com</p>	<p>Si  14 Silicon</p>  <p>Stone, Sand, and Soil</p>

Figura 7 – Padrões decorativos com simetrias de translação feitas a partir da fotomicrografia do anel de ouro com quartzo citrino e zircónias cúbicas. O quartzo citrino é constituído por SiO_2 com impurezas férricas. Pode ser obtido artificialmente a partir do quartzo fumado [17]. Neste caso poderíamos anexar também as fichas do Silício (em baixo) e do Ouro, além do Zircónio, nesta ilustração.

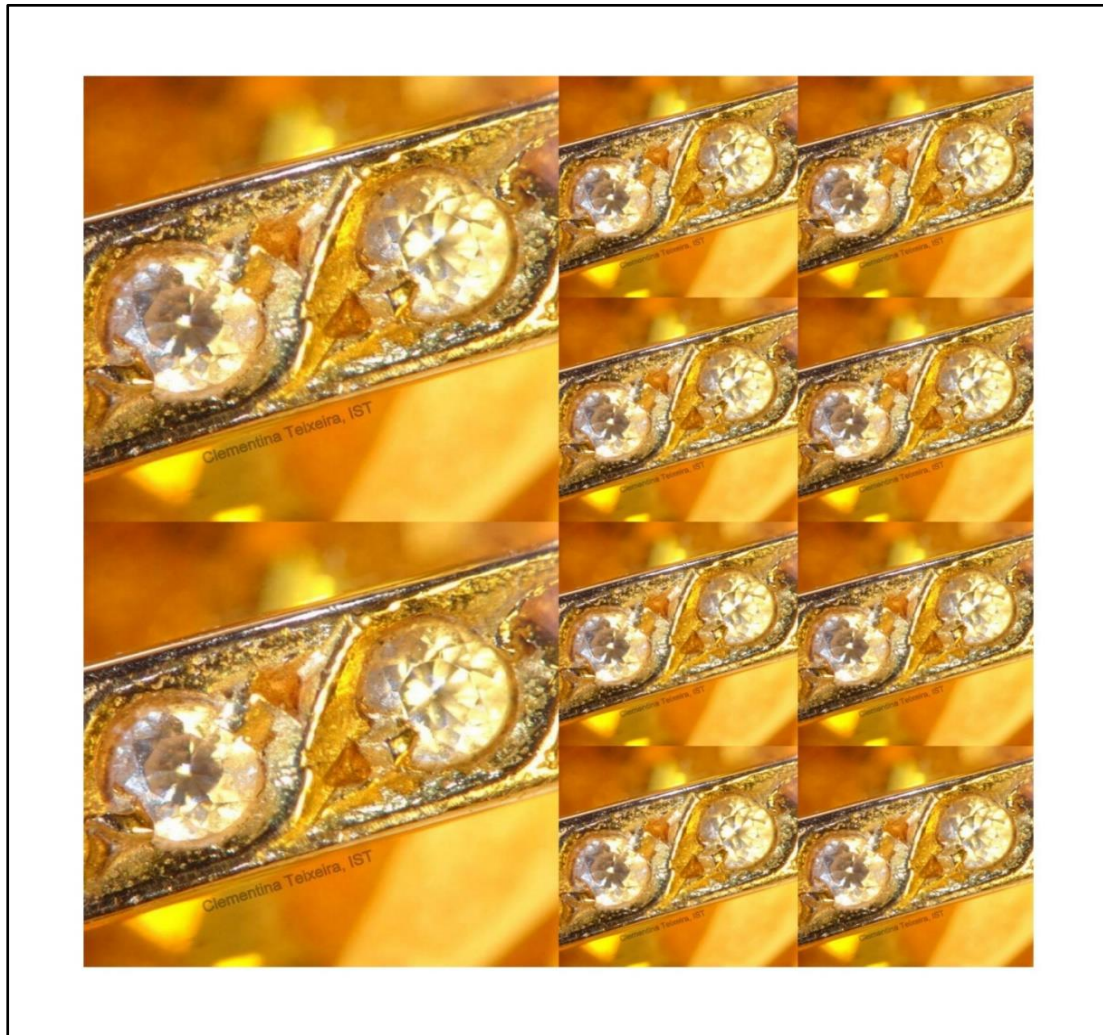


Figura 8 – Simetrias feitas a partir da fotomicrografia do anel de ouro com quartzo citrino e zircónias cúbicas. Em cima, simetria de translação. Em baixo, padrões gerados por aplicações automáticas de design para telemóvel, fotomanipulação. Ver outros exemplos que estão a ser divulgados nas redes sociais [18].

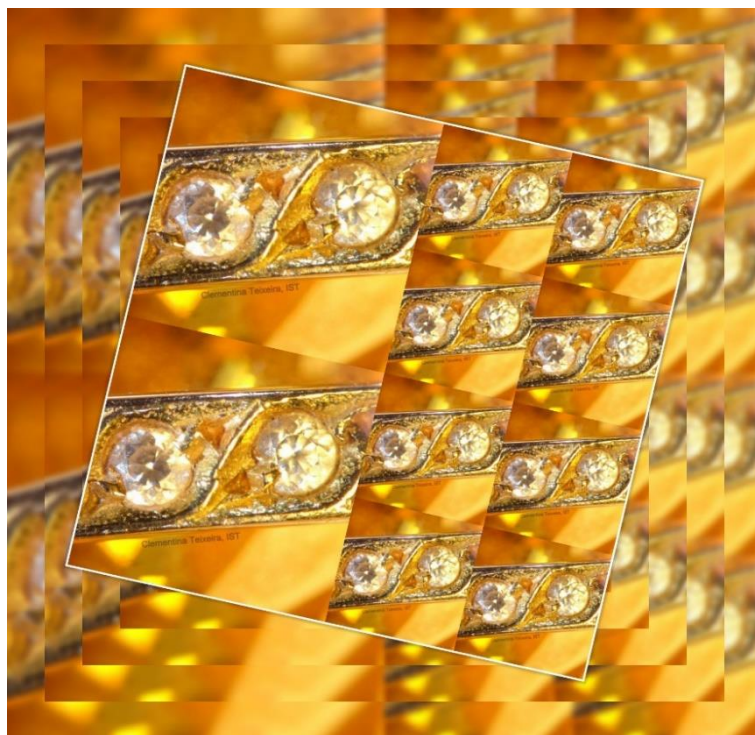


Figura 9 – Fotomicrografia do anel de ouro com quartzo citrino e zircónias cúbicas e padrões gerados por aplicações automáticas de design para telemóvel, fotomanipulação [18].



Figura 10 – Padrões decorativos gerados a partir das fotomicrografias do anel de ouro com zircónias e quartzo citrino. Estes padrões têm sido divulgados nas redes sociais desde o Natal de 2019, no âmbito dos projetos “Artesãos do Século XXI” [4-6], Ourives do Século XXI e “Chemical Patterns” [18-23].

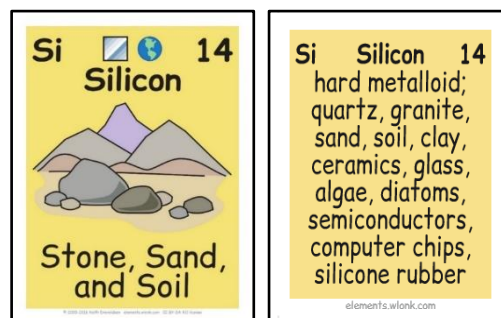


Figura 11 – Quartzo citrino, lupa estereoscópica, 10x e as fichas do silício.

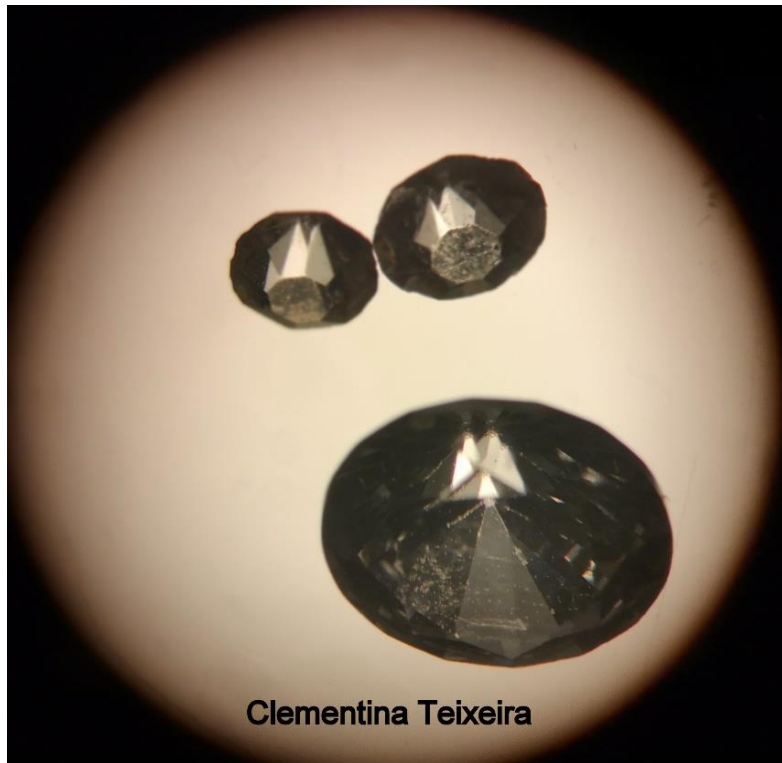
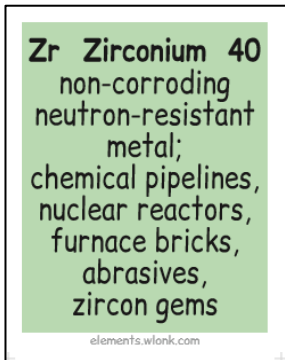
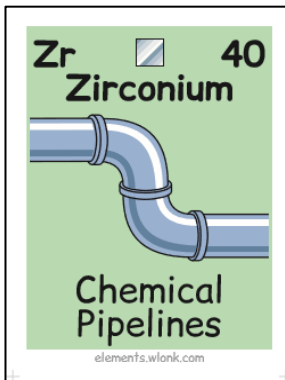


Figura 12 – Zircónias cúbicas à lupa estereoscópica e a ficha do Zircónio, Tabela Periódica de Keith Enevoldsen, utilizada na divulgação da Tabela Periódica em 2019 [20]. Na exposição Artesãos do Século XXI [4], foi construído um kit para testar zircónias e diamantes (condutividade térmica e radiação UV).

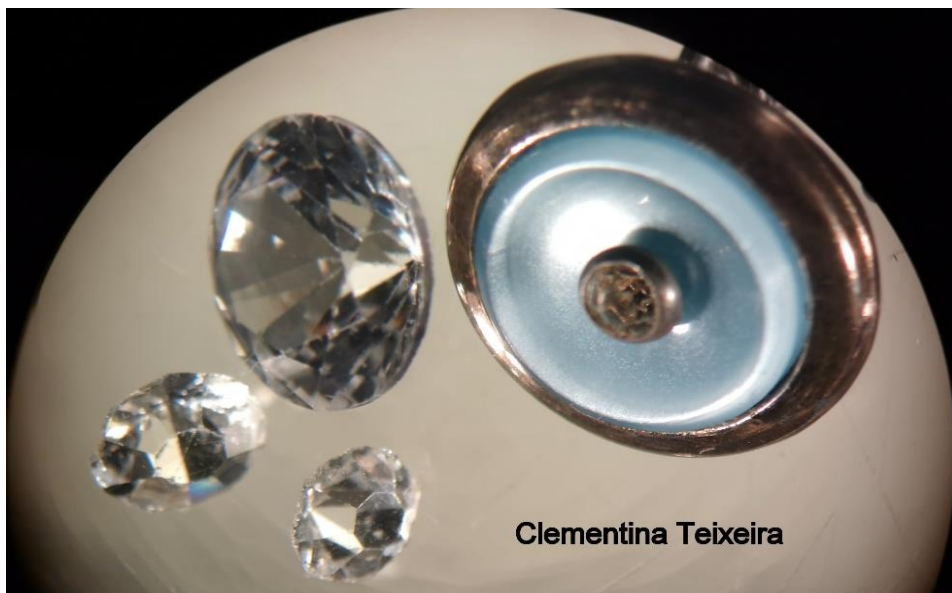
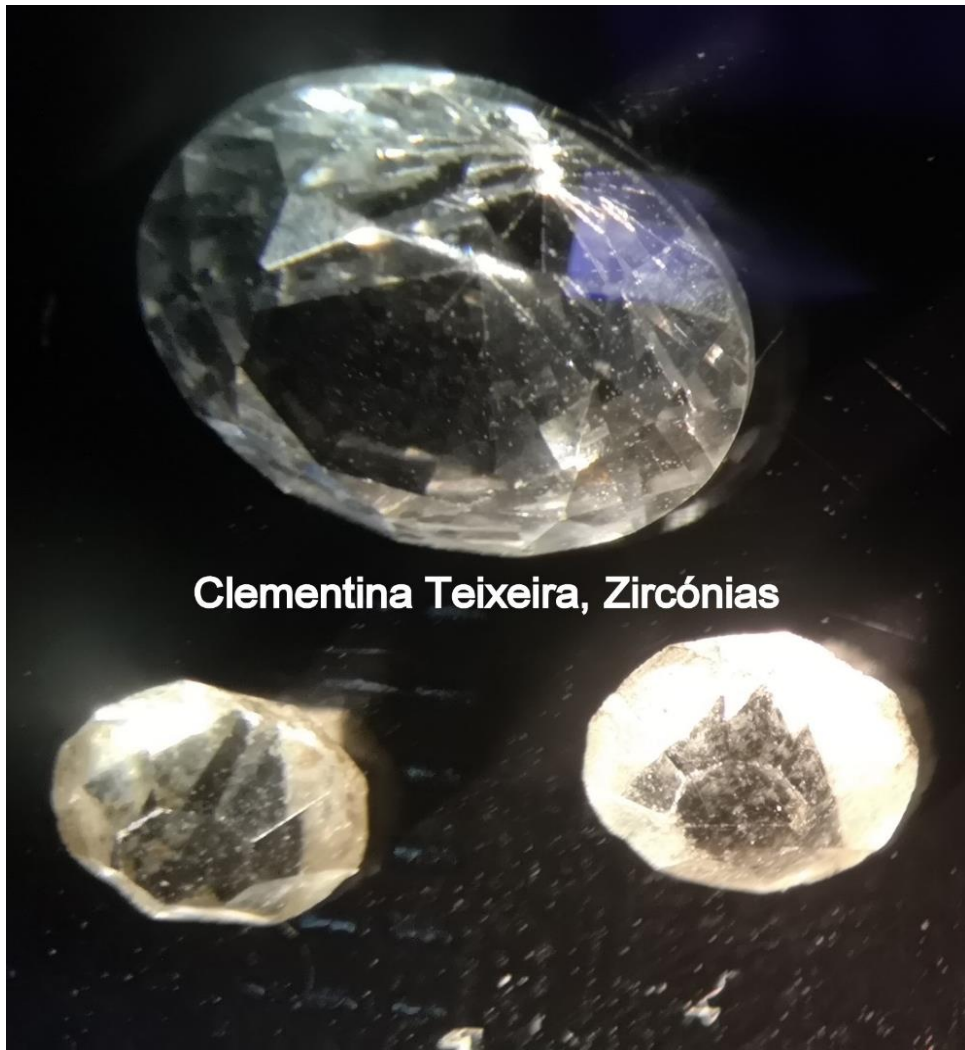


Figura 13 – Zircónias cúbicas sintéticas à lupa estereoscópica, 10x. Ourives do Século XXI .

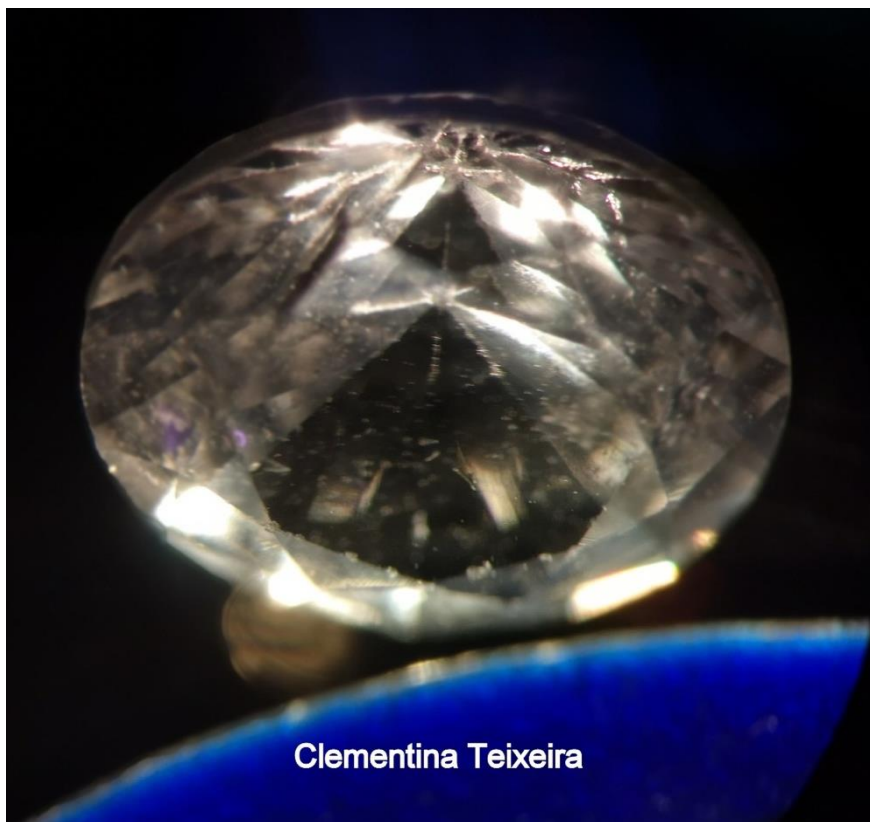


Figura 14 – Zircónia cúbica sintética à lupa estereoscópica, 20x.

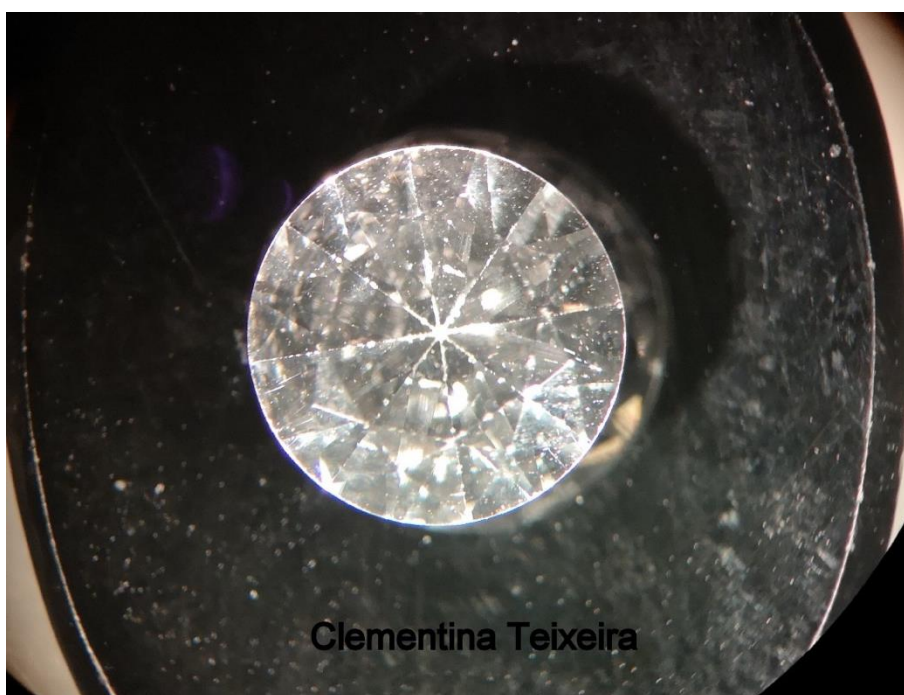
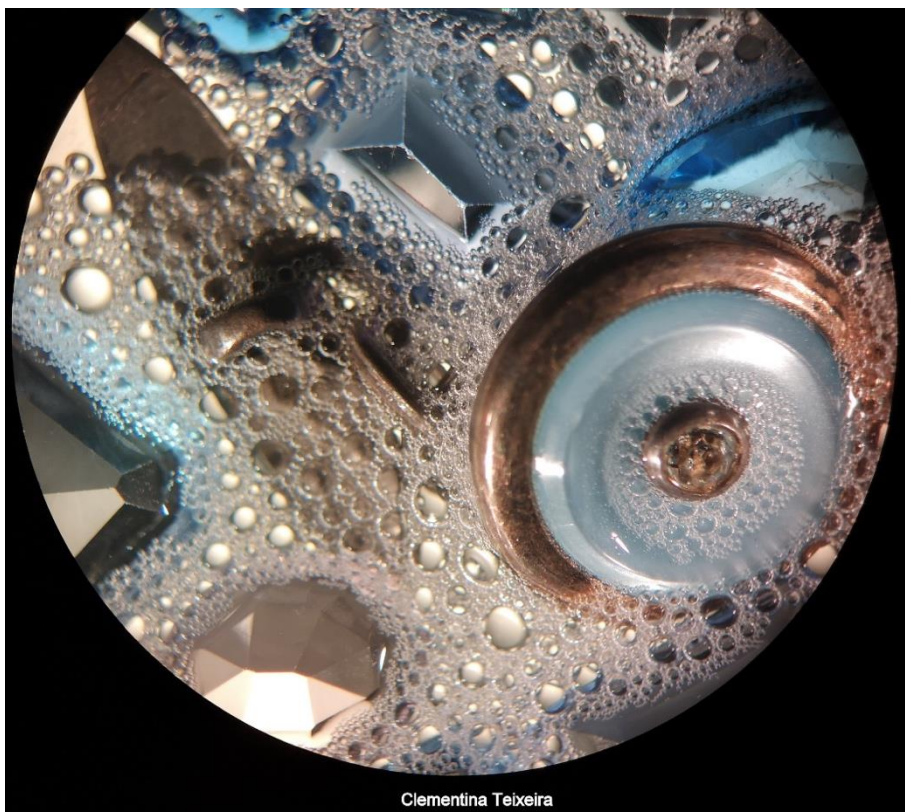
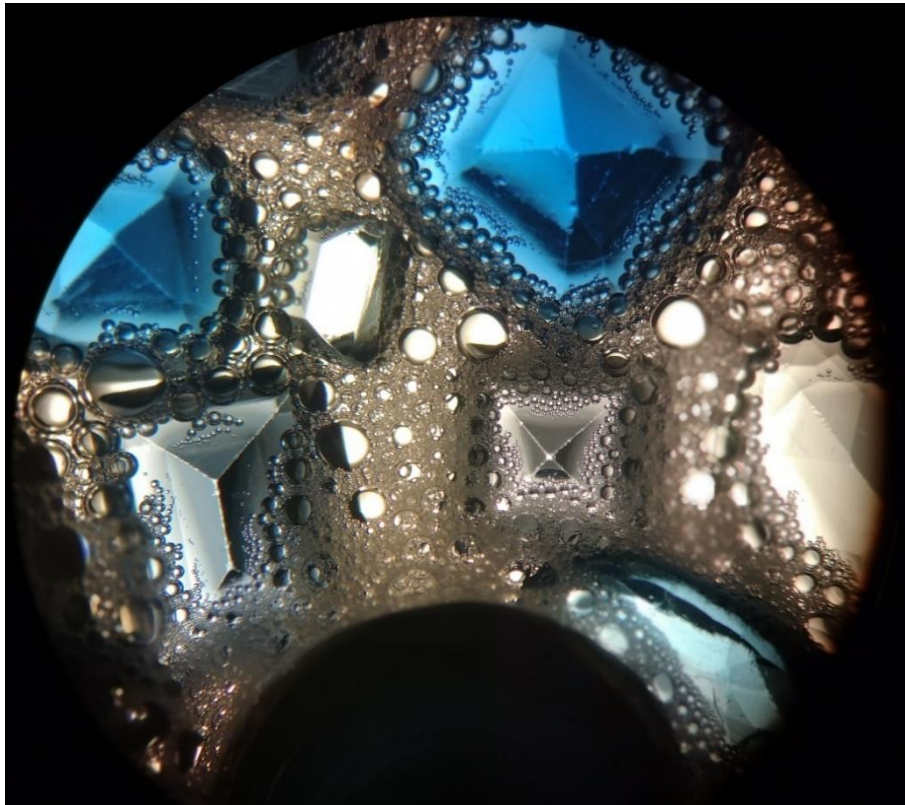


Figura 15 – Zircónias cúbicas sintéticas à lupa estereoscópica, 20x. A ampliação aqui não tem significado, pois só utilizando um retículo seria exacta. A informação que é dada apenas diz respeito à posição usada no parafuso de regulação da ampliação na lupa.



Clementina Teixeira

Figura 16 – A limpeza de jóias e bijuteria à lupa estereoscópica é fascinante e requer menor supervisão em relação a outros processos químicos de limpeza, como é o caso dos que se usam para a prata [2,4].

Agradecimentos

Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal, Centro de Química Estrutural – Project UIOB/00100/2020 (financiamento parcial). Parte deste trabalho foi financiado pela autora.

Bibliografia e Notas

[1] Este é o segundo de vários Capítulos de uma publicação que abarca o trabalho de cristais químicos apresentado nos Laboratórios Abertos 2020 do DEQ e outras ações de divulgação desenvolvidas no Centro de Química Estrutural do IST, bem como trabalho pessoal da autora.

[2] Clementina Teixeira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Gonçalo Santos em “Cristais Químicos em 3D e Exposição”, Livro dos Laboratórios Abertos 2020, eds. M. A. Lemos, C. Gomes de Azevedo, D. Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Fevereiro 2020, p127-180.

https://www.researchgate.net/publication/340091678_Clementina_Teixeira_Erik_Ceschini_Panighel_Benedicto_Goncalo_Santos_em_Cristais_Quimicos_em_3D_e_Exposicao_Livro_dos_Laboratorios_Abertos_2020_edts_M_A_Lemos_C_Gomes_de_Azevedo_D_Simao_Departamento_de

[3] Clementina Teixeira, Dulce Simão, Anabela Graça, “Observação de cristais à lupa estereoscópica e sua articulação com outros módulos expositivos”, Cap.1, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, p.2-26. DOI: [10.13140/RG.2.2.24508.05769](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24508.05769)

https://www.researchgate.net/publication/341827875_Observacao_de_cristais_a_lupa_estereoscopica_e_sua_articulacao_com_outros_modulos_expositivos_Capitulo_1_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira_Centro

[4] C. Teixeira, “Artesãos do Século XXI”- Artesanato observado ao microscópio, Catálogo da exposição, edição de autor, Projecto Ciência Viva, CV 100-2009/432, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, p 1-17, Dezembro 2009. DOI: [10.13140/RG.2.1.4313.2969](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4313.2969). Consultar os numerosos suplementos (links) na ResearchGate, com os cartazes e montagens de fotomicrografias de reações químicas e cristalizações. Apresentam-se como anexos, em pdf na referida rede de profissionais.

https://www.researchgate.net/publication/266175081_Artesos_do_Sculo_XXI_-_Artesanato_observado_ao_microscpio

[5] https://www.researchgate.net/publication/275891533_ArtesosOuroI

[6] https://www.researchgate.net/publication/275891399_ArtesosOuroII

[7] Clementina Teixeira, Jacob Christian Poen de Wijs, Jantina Peperkamp, Christa Zaat “Padrões Decorativos: Divulgação Colaborativa de Ciência e Arte”, Poster, V Encontro Internacional da Casa das Ciências, Centro Cultural Vila Flor, Guimarães, 9-11 de Julho de 2018. Referências aí citadas.

https://www.researchgate.net/publication/326395641_Clementina_Teixeira_Jacob_Christian_Poen_de_Wijs_Jantina_Peperkamp_Christa_Zaat_Padros_Decorativos_Divulgacao_Colaborativa_de_Ciencia_e_Arte_Poster_V_Encontro_Internacional_da_Casa_das_Ciencias_Centr

Poster DOI: [10.13140/RG.2.2.18898.04800](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18898.04800),

https://www.researchgate.net/publication/326395751_Ciencia_e_Arte_Simetrias.

Trabalhos de simetria incluídos no Poster sobre diversos temas, incluindo a ligação à Arte de Poen de Wijs e Jantina Peperkamp, com divulgação na rede social *Facebook*:

Padrões a partir de objetos de prata:

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2258314230876110/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2266388333402033/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2266388310068702/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2266388373402029/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2266577350049798/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2266577253383141/?type=3&theater;>

Padrões de microscopia química, misturas de cristais de ferro:

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1293753877332155/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1293753873998822/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1268101326564077/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1268101323230744/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1268387266535483/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/860552940652253/?type=3&theater;>

[https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1268446946529515/?type=3&theater](https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1268446946529515/?type=3&theater;)

Padrões de microscopia, dente de leão:

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2258314054209461/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1256503557723854/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1258393687534841/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1341713499202859/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1341713479202861/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1341713619202847/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1263025813738295/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1263926256981584/?type=3&theater;>

Padrões de microscopia química, HCl+NaOH, com indicador universal de pH:

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2285711891469677/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2285711714803028/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2285711714803028/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2285711811469685/?type=3&theater;>

[8] Clementina Teixeira, Gonçalo Santos, João A. Fortes, Jantina Peperkamp, "Cristais, Simetrias do GeCl₄, Arte e Tabela Periódica", comunicação em Poster, VI Encontro Internacional da Casa das Ciências, FCUL, 10-12 de Julho 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.30815.20647.

https://www.researchgate.net/publication/335176208_CRISTAIS_SIMETRIAS_DO_GECLA_ARTE_E_TABELA_PERIODICA_VI_Encontro_Internacional_da_Casa_das_Ciencias_FCUL_Lisboa_10_a_12_de_Julho_de_2019

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/3066708903369968/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/3024893700884822/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/3117579188282939/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/3117579098282948/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1328516613855881/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134361194107/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1328516610522548/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134571194086/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1328516620522547/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134567860753/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134504527426/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134297860780/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134267860783/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134684527408/?type=3&theater;>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134731194070/?type=3&theater;>

[https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134654527411/?type=3&theater](https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134654527411/?type=3&theater;)

[9] Clementina Teixeira, Hermínio Diogo, Manuel Francisco Costa Pereira, Maria Conceição Oliveira, Vânia André, “Rede Cristalina: 25 anos de Divulgação em Química”, Apresentação de Projeto, Livro de Resumos, p75,76, VI Encontro Internacional da Casa das Ciências, 10-12 de Julho de 2019, FCUL, Lisboa.
https://www.researchgate.net/publication/337901251_Rede_Cristalina_25_anos_de_Divulgacao_em_Quimica_Apresentacao_de_Projeto_Livro_de_Resumos_p7576_VI_Encontro_Internacional_da_Casa_da_s_Ciencias_10-12_de_Julho_de_2019_FCUL_Lisboa

[10] Clementina Teixeira,
https://lh3.googleusercontent.com/p/AF1QipOzVQTse1VBO3nweFp_ATCG2vTgJu-cBlq1gzjH=s476-iv16808?key=YXNVWmNUYnU5NGZyUGRHdJLbnZPROZIQWhSV2V3&fbclid=IwAR2sK9bU7H7IHmbiKpxh3ioS0eXO1bWunS-6xZ0oWgHlOhZgr5v8mVK-Hw

[11] Clementina Teixeira em “Química e Arte: Sugestões para o Ano Internacional da Tabela Periódica 2019”, Livro dos Laboratórios Abertos 2019, eds. M.A.Lemos, C.Gomes de Azevedo, D.Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, ISBN: 978-989-99508-6-3.

[12] Livro dos Laboratórios Abertos 2020, eds. M.A. Lemos, C. Gomes de Azevedo, D. Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, acedido em 13/5/2020.
<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1689468335635879/Livro%20dos%20Laboratorios%20Abertos%202020.pdf>.

[13] Ana Topete, Ana Paula Serro, “Biomateriais...O segredo da eterna juventude”, em Livro dos Laboratórios Abertos 2020, eds. M.A.Lemos, C.Gomes de Azevedo, D.Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, p 28-32, acedido em 13/5/2020.

[14] Andreia Sofia Oliveira, Ana Catarina Branco, Nadia Toffoletto, Pedro Nolasco, Ana Paula Serro, “Estrutura 3D de biomateriais: da escala molecular/atômica à macroscópica, em Livro dos Laboratórios Abertos 2020, eds. M.A.Lemos, C.Gomes de Azevedo, D.Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, p 78-84, acedido em 13/5/2020.

[15] Projecto de Ciência e Arte com Poen de Wijs na rede social *Facebook*: fazer máscaras por simetria de reflexão a partir das fotomicrografias.
[https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/3747729845267867/?type=3&theater,](https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/3747729845267867/?type=3&theater)
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/606060472768169/?t>

- [ype=3&theater;](#)
[https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/3751661421541376/?type=3&theater;](https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/3751661421541376/?type=3&theater)
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/635649016475981/?type=3&theater>
- [16] Álbum de máscaras e de ligação da microscopia à Arte de Poen de Wijs e Jantina Peperkamp
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/3747729845267867/?type=3&theater>
- [17] Quartzo citrino. [https://pt.wikipedia.org/wiki/Citrino_\(mineral\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Citrino_(mineral))
- [18] Chemical Patterns, Padrões de Química com base em simetrias e fotomanipulação.
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3741565915884260/?type=3&theater>
- [19] C. Teixeira, H. Diogo, M. F. C. Pereira, M. C. Oliveira, V. André, “Rede Cristalina: 25 anos de Divulgação em Química”, Apresentação de Projeto, VI Encontro Internacional da Casa das Ciências, Livro de Resumos, p75,76, 12 de Julho de 2019, FCUL, Lisboa.
- [20] Clementina Teixeira, Manuel Francisco Costa Pereira, [Semana da Ciência e da Tecnologia 2018, Ciência Viva, Centro de Química Estrutural do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa](#), 21-23 de Novembro 2018 (com a colaboração de Museu Alfredo Bensaúde, Museu Décio Thadeu e Departamento de Engenharia Química). DOI: 10.13140/RG.2.2.10410.88004.
https://www.researchgate.net/publication/330202205_Semana_da_Ciencia_e_da_Tecnologia_2018_Ciencia_Viva_no_Centro_de_Quimica_Estrutural_do_Instituto_Superior_Tecnico_Universidade_de_Lisboa
- [21] Clementina Teixeira, Projeto Pinilla, com Henrique Matos e Cristina Fernandes, estudo de sais inorgânicos incolores coloridos com corantes alimentares, resultados não publicados.
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/3192826640758193/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/3731151150259070/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/3348069388567250/?type=3&theater>
- [22] Clementina Teixeira, Gonçalo Santos, João A. Fortes, Jantina Peperkamp, “Cristais, Simetrias do GeCl₄, Arte e Tabela Periódica”, comunicação em Poster, VI Encontro Internacional da Casa das Ciências, FCUL, 10-12 de Julho 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.30815.20647
https://www.researchgate.net/publication/335176208_CRISTAIS_SIMETRIAS_DO_GECLA_ARTE_E_TABELA_PERIODICA_VI_Encontro_Internacional_da_Casa_das_Ciencias_FCUL_Lisboa_10_a_12_de_Julho_de_2019
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/2926105104097016/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/2927567293950797/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/2927567840617409/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2195127627194771/3460609350646586/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2195127627194771/2510484122325785/?type=3&theater>
- [23] Clementina Teixeira, Padrões de Química, Simetria e Fotomanipulação.
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3741565915884260/?type=3&theater>

Capítulo 3. Observação de artefactos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Cristais metálicos: ouro, prata, cobre e ligas metálicas.

Clementina Teixeira

Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Este capítulo é uma extensão do trabalho de observação de cristais à lupa estereoscópica anteriormente descrito [1-4], feito durante a exposição de microscopia “Artesãos do Século XXI” [5-8], com observação de jóias e objetos em ouro e prata. Depois do anel com zircónias cúbicas, quartzo citrino e ouro, cuja descrição foi feita no Cap.2 [3], passamos agora a mais dois anéis e a outros objetos de ouro e suas ligas. A limpeza deste tipo de peças à lupa estereoscópica é fascinante e muito popular entre os alunos mais jovens, Figs.1-4,6.



Figura 1 – Lupa estereoscópica binocular e estojo de limpeza de jóias, exposição Kulturlândia, Biblioteca Municipal de Penamacor, Projecto Ciência Viva “A Química descobre a criança”, 2008 [8].



Figura 2 – Lupa estereoscópica binocular Nikon®, com câmara Sony®. Observação dum anel muito antigo de rubi, com aparas de diamante encastoadas em prata, 10x, limpeza do anel na Fig. 1, e mais detalhes nas Figs. 3,4,6.

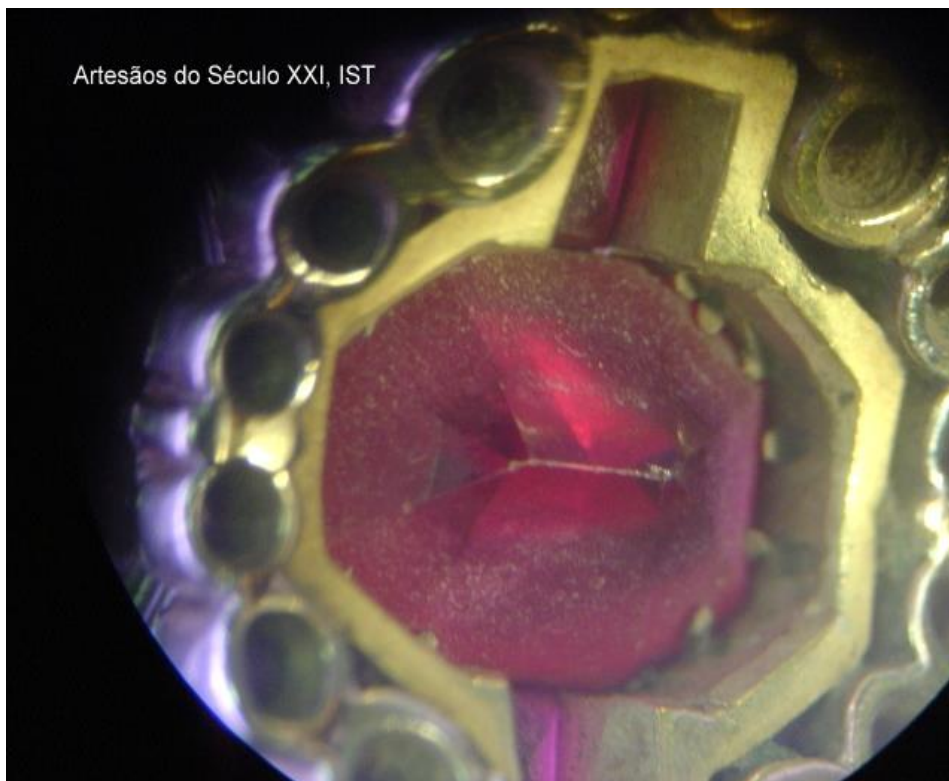


Figura 3 – Anel de rubi na Biblioteca Municipal de Penamacor, exposição Artesãos do Século XXI [5]. Em cima, fotomicrografia (10x) da parte de trás do anel, com muita sujidade que foi removida com a limpeza.

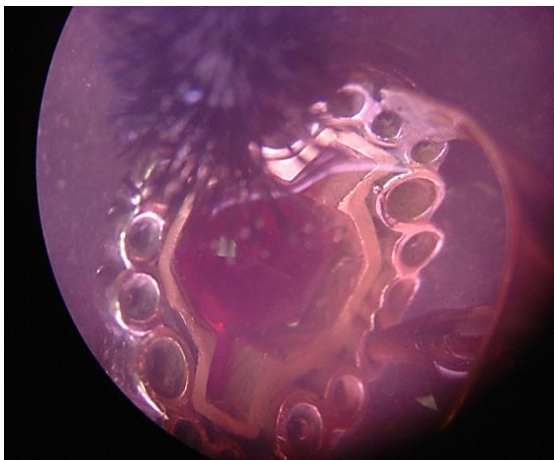
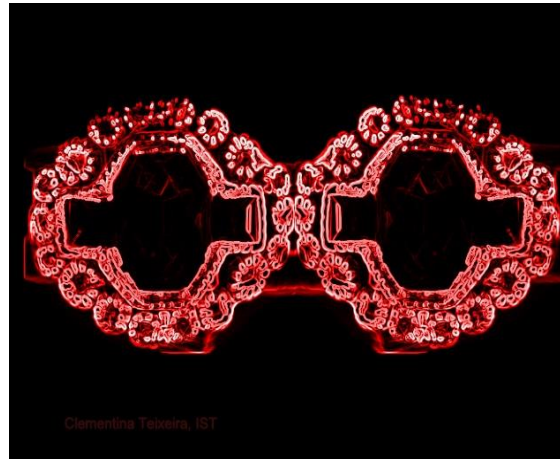


Figura 4 – Anel de rubi (não é o do Rivoli!). Máscaras obtidas por simetria de reflexão a partir das fotomicrografias (10x). Efeitos digitais, Picasa®. Limpeza do anel à lupa estereoscópica, 10x, em baixo, esquerda. Limpa-jóias à direita, em baixo. Metais: Au, Ag [5,7-11]. Projeto de Ciência e Arte.

*“Três anéis para os Reis Elfos debaixo do Céu
Sete para os Senhores dos Anões nos seus palácios de pedra
Nove para os Homens Mortais condenados a morrer,
Um para o Senhor das Trevas no seu negro trono
Na Terra de Mordor onde moram as Sombras.
Um anel para todos dominar, um anel para os encontrar,
Um anel para a todos prender e nas trevas reter
Na Terra de Mordor onde moram as Sombras.”*

O Senhor dos Anéis, JRR Tolkien



Figura 5 – Anéis à lupa estereoscópica e outras peças, observadas no recanto dos Ourives do Século XXI, na Biblioteca Municipal de Penamacor, Dezembro de 2009 [5-7]. O trecho do Senhor dos Anéis fica aqui a matar, uma vez que os interesses, observação de anéis e livros, se cruzam num espaço de leitura.





<p>C 6 Carbon</p> <p>Basis of Life's Molecules</p>	<p>C Carbon 6 hard diamond, soft graphite; basis of life's organic molecules, animals, plants, CO₂, wood, paper, cloth, plastic, coal, oil, gasoline</p>	<p>Al 13 Aluminum</p> <p>Airplanes</p>	<p>Al Aluminum 13 lightweight non-corroding metal; kitchenware, cans, foil, machinery, cars, planes, bikes, feldspar, granite, clay, ceramics, corundum, gems</p>	<p>Cr 24 Chromium</p> <p>Stainless Steel</p>	<p>Cr Chromium 24 hard shiny metal; stainless steel (Fe-Cr-Ni), kitchenware, nichrome heaters, car trim, paints, recording tape, emeralds & rubies</p>
<p>Au 79 Gold</p> <p>Jewelry</p>	<p>Au Gold 79 most malleable element, dense non-tarnishing colored metal; jewelry, coins, ultra-thin gold leaf, electric contacts</p>	<p>Ag 47 Silver</p> <p>Jewelry</p>	<p>Ag Silver 47 soft shiny metal, conducts electricity best of all elements; jewelry, silverware, coins, dentistry, photo film</p>	<p>O 8 Oxygen</p> <p>Air</p>	<p>O Oxygen 8 colorless gas; 21% of air, H₂O, 65% of the body, organic molecules, blood, breathing, fire, half of Earth's crust, minerals, oxides</p>


Figura 6 – O anel de rubi sintético já limpo (foto macro) e as marcas do ouro, vistas à lupa estereoscópica, 10x. Os rubis sintéticos são de óxido de alumínio, Al₂O₃ com impurezas de cromo [9,10,12]. Aqui se juntam as fichas de Keith Enevoldsen dos principais elementos químicos presentes no anel: Au, Ag (metais) Al, O, Cr, (rubi sintético) e C (aparas de diamante). E depois do anel de zircónio, no Cap. 2, este é o segundo anel do Senhor dos Anéis.

O ouro de ourivesaria é composto por ligas de vários metais, pois o metal puro, de 24 quilates, é demasiado maleável e impróprio para trabalhar. O ouro de lei, utilizado em Portugal, é na realidade uma liga com 19,2 quilates, que corresponde a cerca de 80% em peso. Este metal, tal como a platina, também é utilizado em biomateriais por ser inerte (parafusos em medicina dentária, etc.). O ouro branco é uma liga que pode conter metais como a prata, paládio, ródio e até níquel. A cor avermelhada de objectos de ouro é-lhe conferida pela adição de cobre. O anel da Fig. 7, de ouro branco, de composição desconhecida, é o nosso 3^o anel à lupa estereoscópica,



Clementina Teixeira, IST

Rh   45
Rhodium



Searchlight Reflectors
elements.wlonk.com

Rh Rhodium 45
 non-corroding
 hard shiny metal;
 labware,
 reflectors,
 electric contacts,
 thermocouples,
 catalyst,
 pollution control

elements.wlonk.com

Au   79
Gold



Jewelry
elements.wlonk.com



















<p>Rh   45 Rhodium</p>  <p>Searchlight Reflectors <small>elements.wlonk.com</small></p>	<p>Rh Rhodium 45 non-corroding hard shiny metal; labware, reflectors, electric contacts, thermocouples, catalyst, pollution control</p> <p><small>elements.wlonk.com</small></p>	<p>Rh   45 Rhodium</p>  <p>Searchlight Reflectors <small>elements.wlonk.com</small></p>	<p>Rh Rhodium 45 non-corroding hard shiny metal; labware, reflectors, electric contacts, thermocouples, catalyst, pollution control</p> <p><small>elements.wlonk.com</small></p>	<p>Keith Enevoldsen elements.wlonk.com</p> <p>Clementina Teixeira</p> <p>IYPT2019.</p>
<p>Rh   45 Rhodium</p>  <p>Searchlight Reflectors <small>elements.wlonk.com</small></p>	<p>Rh Rhodium 45 non-corroding hard shiny metal; labware, reflectors, electric contacts, thermocouples, catalyst, pollution control</p> <p><small>elements.wlonk.com</small></p>	<p>Rh   45 Rhodium</p>  <p>Searchlight Reflectors <small>elements.wlonk.com</small></p>	<p>Rh Rhodium 45 non-corroding hard shiny metal; labware, reflectors, electric contacts, thermocouples, catalyst, pollution control</p> <p><small>elements.wlonk.com</small></p>	<p>Ano Internacional da Tabela Periódica 2019</p>
<p>Rh   45 Rhodium</p>  <p>Searchlight Reflectors <small>elements.wlonk.com</small></p>	<p>Rh Rhodium 45 non-corroding hard shiny metal; labware, reflectors, electric contacts, thermocouples, catalyst, pollution control</p> <p><small>elements.wlonk.com</small></p>	<p>Rh   45 Rhodium</p>  <p>Searchlight Reflectors <small>elements.wlonk.com</small></p>	<p>Rh Rhodium 45 non-corroding hard shiny metal; labware, reflectors, electric contacts, thermocouples, catalyst, pollution control</p> <p><small>elements.wlonk.com</small></p>	<p>OURIVESARIA</p>

Figura 7- Anel de ouro branco, possivelmente liga de Au/Rh, pelo brilho que apresenta. Lupa estereoscópica, 10x. Fichas dos Elementos de Keith Enevoldsen para recortar [13].





















Figura 8 – A limpeza de pedras de ourivesaria e bijuteria à lupa estereoscópica é fascinante. Muitas destas pedras são de vidro, acrílico e outras de pedras semi-preciosas. As peças com pérolas não devem ser limpas com estes preparados, vide, também, Fig. 1.

assumindo-se, aqui, que tem Ródio na sua composição, o que lhe confere um aspecto brilhante. Na Fig. 9, os três metais em folha muito fina, Au, Ag e Cu, foram também fotografados à lupa estereoscópica. Com as fotomicrografias das folhas de ouro e prata foram construídos padrões decorativos utilizando diversos programas, os mesmos já citados para o anel de zircónias no Capítulo 2, Figs. 7-10. A limpeza de jóias e bijuterias proporciona micropaisagens fantásticas à lupa estereoscópica, Fig. 8. As pedras de ourivesaria utilizadas são muitas vezes em vidro, vidro

acrílico e pedras semi-preciosas. Trabalhar com estes materiais é fascinante e pode proporcionar trabalhos de Ciência magníficos, com muita adesão por parte de jovens, sobretudo os mais novos.



<p>Cu  29 Copper</p>  <p>Electric Wires</p>	<p>Cu Copper 29 colored metal, conducts heat and electricity well; wires, cookware, brass (Cu-Zn), bronze (Cu-Sn), coins, pipes, blue crab blood</p>	<p>Cu  29 Copper</p>  <p>Electric Wires</p>	<p>Cu Copper 29 colored metal, conducts heat and electricity well; wires, cookware, brass (Cu-Zn), bronze (Cu-Sn), coins, pipes, blue crab blood</p>	<p>Cu  29 Copper</p>  <p>Electric Wires</p>	<p>elements.wlonk.com</p> <p>Keith Enevoldsen</p>
<p>Cu  29 Copper</p>  <p>Electric Wires</p>	<p>Cu Copper 29 colored metal, conducts heat and electricity well; wires, cookware, brass (Cu-Zn), bronze (Cu-Sn), coins, pipes, blue crab blood</p>	<p>Cu  29 Copper</p>  <p>Electric Wires</p>	<p>Cu Copper 29 colored metal, conducts heat and electricity well; wires, cookware, brass (Cu-Zn), bronze (Cu-Sn), coins, pipes, blue crab blood</p>	<p>Cu  29 Copper</p>  <p>Electric Wires</p>	
<p>Cu  29 Copper</p>  <p>Electric Wires</p>	<p>Cu Copper 29 colored metal, conducts heat and electricity well; wires, cookware, brass (Cu-Zn), bronze (Cu-Sn), coins, pipes, blue crab blood</p>	<p>Cu  29 Copper</p>  <p>Electric Wires</p>	<p>Cu Copper 29 colored metal, conducts heat and electricity well; wires, cookware, brass (Cu-Zn), bronze (Cu-Sn), coins, pipes, blue crab blood</p>	<p>Cu  29 Copper</p>  <p>Electric Wires</p>	

Clementina Teixeira IYPT2019. Ano Internacional da Tabela Periódica 2019.

Figura 9 – Aparas de cobre metálico e dos metais prata e ouro em folha, acondicionados em frascos com óleo. A amostra observada nos Laboratórios Abertos 2020 está numa pequena caixa de relojoeiro. Fichas do cobre para recortar, frente e verso, Tabela Periódica de Keith Enevoldsen.

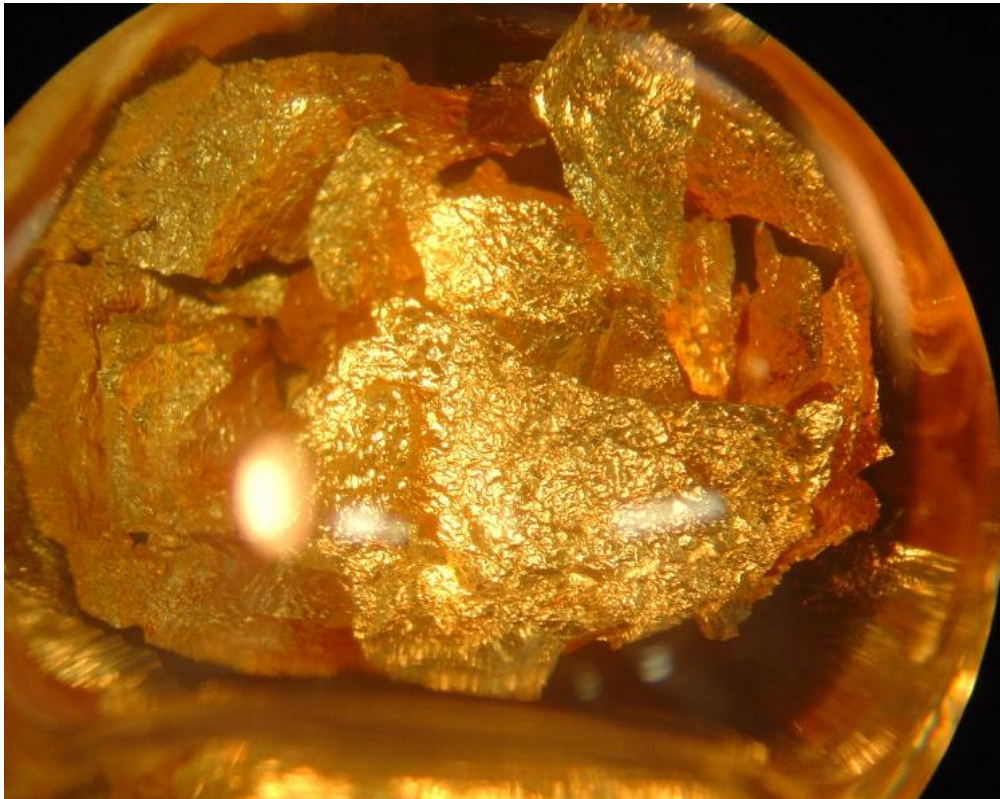


Figura 10 – Folha de ouro, lupa estereoscópica, 10x. Crédito fotográfico: Erik Ceschini P. Benedicto [14].

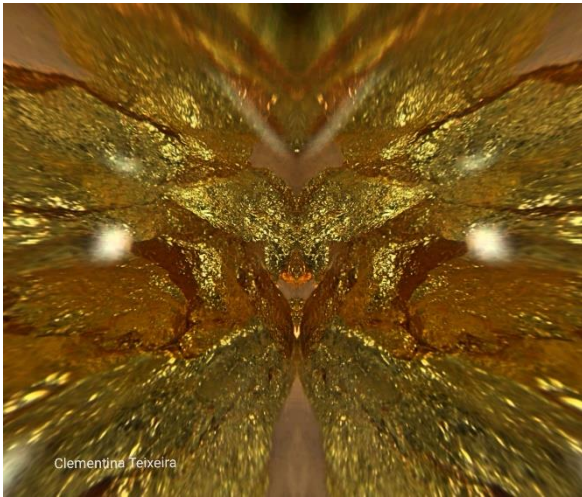


Figura 11 – Padrões decorativos feitos por regras de simetria simples, à base da reflexão e translação, a partir das fotomicrografias da folha de ouro à lupa estereoscópica.

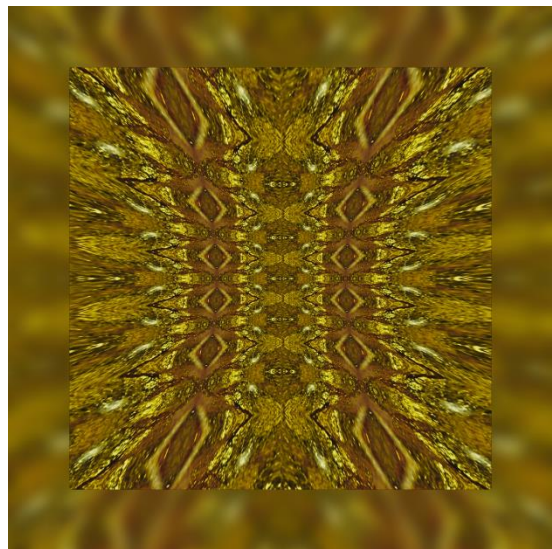
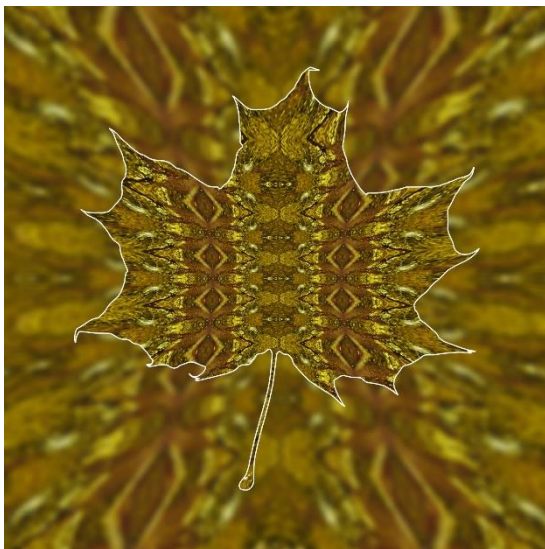
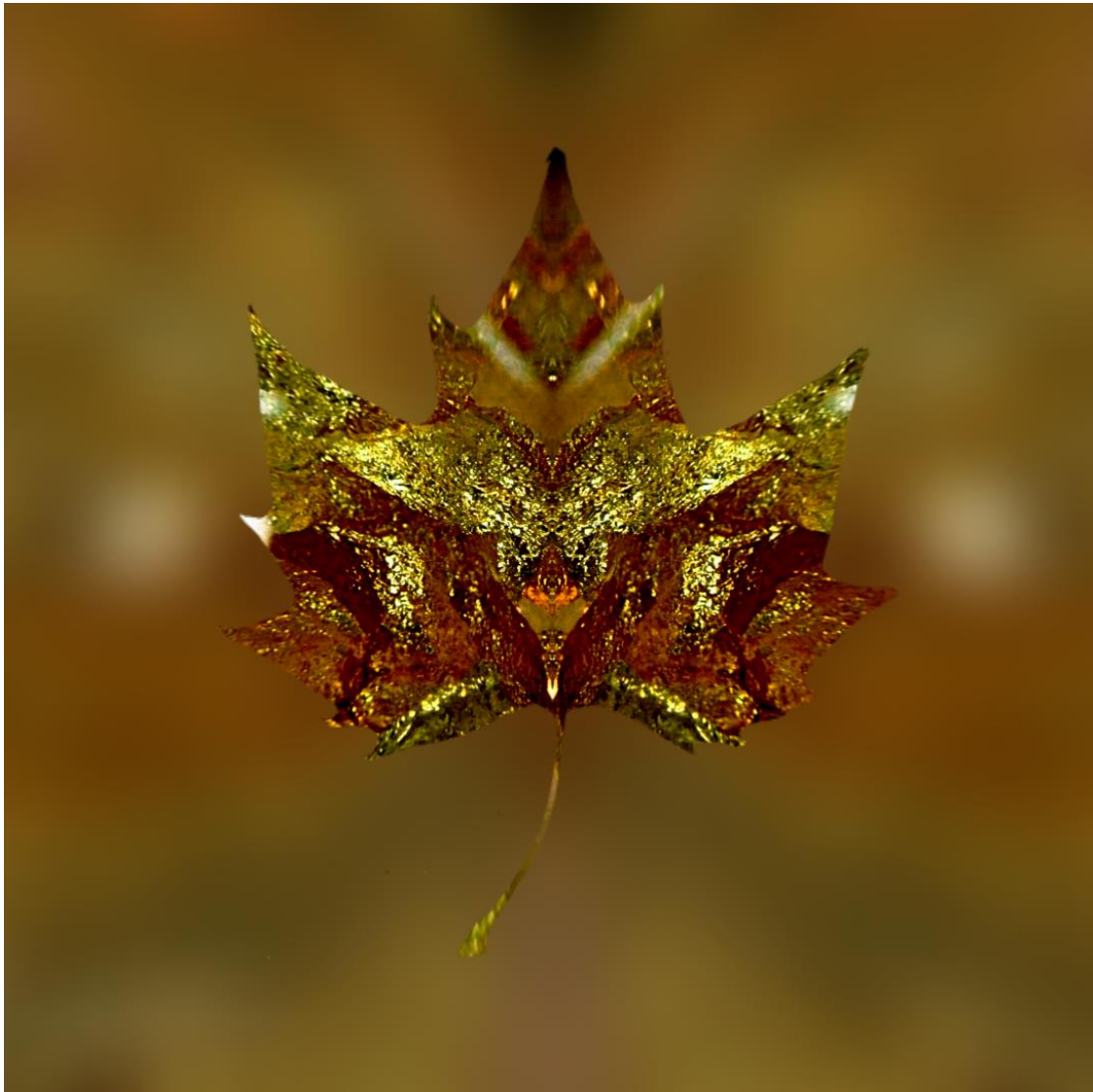


Figura 12 – Padrões decorativos feitos a partir das fotomicrografias da folha de ouro à lupa, utilizando programas de simetria já anteriormente citados no Capítulo 2 para o anel com zircónias, Figs. 7-10 [3]. Curiosamente, no centro da folha de cima, ao efectuar a operação de simetria aparece uma figurinha parecida com o rato Mickey.

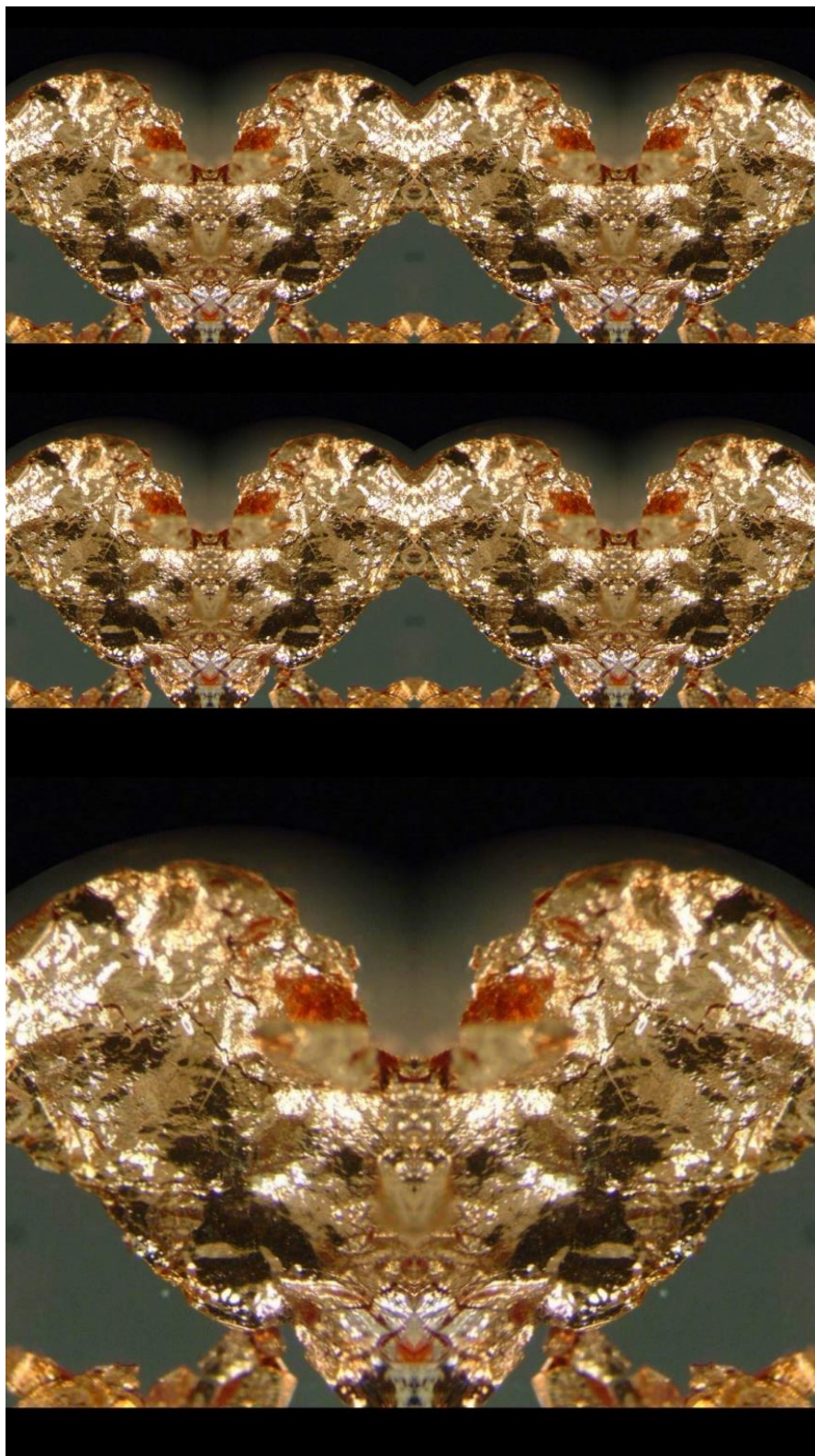


Figura 13 – Padrões decorativos obtidos por simetria de reflexão e translação a partir de uma fotomicrografia de folha de cobre à lupa estereoscópica, 10x, ref. 4, Fig. 27.

O trabalho com jóias, bijuterias e objectos de ouro, prata e suas ligas tem despertado grande interesse junto dos visitantes das Exposições “Artesãos do Século XXI”, feitas nas escolas. A criação de padrões decorativos associados às peças observadas, utilizando as fotomicrografias pode beneficiar a venda desses mesmos produtos, numa forma de *merchandizing*.

Agradecimentos

Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal, Centro de Química Estrutural – Project UIOB/00100/2020, financiamento parcial. Parte deste trabalho foi financiado pela autora, que agradece a colaboração dos antiquários Vitorino Cravinho e Alice’s Antiguidades.

Bibliografia e Notas

[1] Este é o terceiro de vários Capítulos de uma publicação sobre cristais químicos e minerais apresentado nos Laboratórios Abertos 2020 do DEQ e outras ações de divulgação desenvolvidas no Centro de Química Estrutural do IST-UL, bem como muito trabalho pessoal da autora.

[2] Clementina Teixeira, Dulce Simão, Anabela Graça, “Observação de cristais à lupa estereoscópica e sua articulação com outros módulos expositivos”, Cap.1, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Março 2020, p.2-26. DOI: [10.13140/RG.2.2.24508.05769](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24508.05769)

https://www.researchgate.net/publication/341827875_Observacao_de_cristais_a_lupa_estereoscopica_e_sua_articulacao_com_outros_modulos_expositivos_Capitulo_1_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira_Centro

[3] Clementina Teixeira, “Observação de objetos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Zircónias”, Cap.2, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Março 2020, p1-19. DOI: [10.13140/RG.2.2.31520.40966](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31520.40966)
https://www.researchgate.net/publication/341878673_Observacao_de_objectos_de_ourivesaria_a_lupa_estereoscopica_Zirconias_Capitulo_2_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira_Centro_de_Quimica_Estrutural_e

[4] Clementina Teixeira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Gonçalo Santos em “Cristais Químicos em 3D e Exposição”, Livro dos Laboratórios Abertos 2020, eds. M. A. Lemos, C. Gomes de Azevedo, D. Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Fevereiro 2020, p127-180. DOI: [10.13140/RG.2.2.20543.05287](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20543.05287)

https://www.researchgate.net/publication/340606494_Cristais_em_3D_e_Exposicao/stats

[5] C. Teixeira, “Artesãos do Século XXI”- Artesanato observado ao microscópio, Catálogo da exposição, edição de autor, Projecto Ciência Viva, CV 100-2009/432, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, p. 1-17, Dezembro 2009. DOI: [10.13140/RG.2.1.4313.2969](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4313.2969).

Consultar os numerosos suplementos (links) na *ResearchGate*, com os cartazes e montagens de fotomicrografias de reações químicas e cristalizações. Apresentam-se como anexos, em PDF na referida rede de profissionais.

https://www.researchgate.net/publication/266175081_Artesos_do_Sculo_XXI_Artesanato_observado_ao_microscpio

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.576179665756250/970271946347018/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.576179665756250/970272316346981/?type=3&theater>

- [6] https://www.researchgate.net/publication/275891533_ArtesosOuroI
- [7] https://www.researchgate.net/publication/275891399_ArtesosOuroII
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.576179665756250/3755033544537497/?type=3&theater>
- [8] Clementina Teixeira, Kulturlândia 2008, Biblioteca Municipal de Penamacor, Projecto “A Química Descobre a Criança”, Julho de 2008.
https://www.facebook.com/pg/profClementinaTeixeira/photos/?tab=album&album_id=576179665756250
- [9] Clementina Teixeira em “Química e Arte: Sugestões para o Ano Internacional da Tabela Periódica 2019”, Livro dos Laboratórios Abertos 2019, eds. M.A. Lemos, C. Gomes de Azevedo, D. Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, ISBN: 978989-99508-6-3.
- [10] Clementina Teixeira, álbum dedicado ao Ano Internacional da Tabela Periódica 2019.
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/590241287683421/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/605387559502127/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/605387529502130/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/590241237683426/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/607704892603727/?type=3&theater>
- [11] Clementina Teixeira, álbum de máscaras e de ligação da microscopia à Arte de Poen de Wijs e Jantina Peperkamp. Algumas das máscaras construídas por simetria de reflexão a partir de fotomicrografias de jóias e de outros objectos.
https://www.facebook.com/pg/profClementinaTeixeira/photos/?tab=album&album_id=596390543735162
- [12] <https://pt.wikipedia.org/wiki/Rubi>
- [13] Projecto de Ciência e Arte para fazer máscaras a partir de fotomicrografias de itens observados à lupa estereoscópica. Colaboradores artistas, Poen de Wijs (a título póstumo e Jantina Peperkamp).
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/605413242832892/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/605413232832893/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/3751661108208074/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/605464399494443/?type=3&theater>
- [14] Clementina Teixeira, Aulas de projeto de Química, 2009/2010.

Capítulo 4. Observação de artefactos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Cristais metálicos: Prata e ligas metálicas.

Clementina Teixeira

Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Este Capítulo é uma extensão do trabalho de observação de cristais à lupa estereoscópica anteriormente descrito [1-5], acrescido do que tem sido feito durante a exposição de microscopia itinerante “Artesãos do Século XXI”, 2009-2020 [6-9], com observação de jóias/bijuteria e objectos em prata, Fig.1. Este elemento faz parte das ligas metálicas usadas em ourivesaria, por exemplo, no ouro de lei (ouro 19 k) e noutras ligas de teor em ouro inferior (ouro 14k). É utilizado em objectos de ourivesaria de preços mais acessíveis, muitas vezes com pedras sintéticas (marcassites, zircónias [3], rubis sintéticos [4], vidro acrílico, etc.). Nas baixelas de prata existe em liga da qual faz parte o cobre, muitas vezes visível já oxidado, na forma de verdete. É também utilizado em revestimentos de outros metais, como é o caso da casquinha. A prata tem sido um dos elementos mais estudados à lupa estereoscópica, Figs.1-3, podendo ser mineral, prata nativa, com reservas a esgotar! A prata que chega ao consumidor acaba por ter também origem química, uma vez que é obtida por extração, refinação e para produção de inúmeras ligas com outros metais.



Figura 1 – Objectos de prata e suas ligas observados à lupa estereoscópica e utilizados para exemplificar métodos de limpeza química da prata [10]. O colar grego com motivos “meander” (símbolo de mudança permanente) depois de observado permitiu construir padrões decorativos a partir das fotomicrografias usando o programa GeCla, Gerador e Classificador de simetrias, da Associação Atractor [11]. Esses padrões foram ligados à Arte de Poen de Wijs e Jantina Peperkamp, o que será discutido fora do âmbito do presente trabalho. À direita, uma fotomicrografia (10x) da colher de liga metálica com prata vista na imagem da esquerda, que deu origem a vários padrões decorativos.

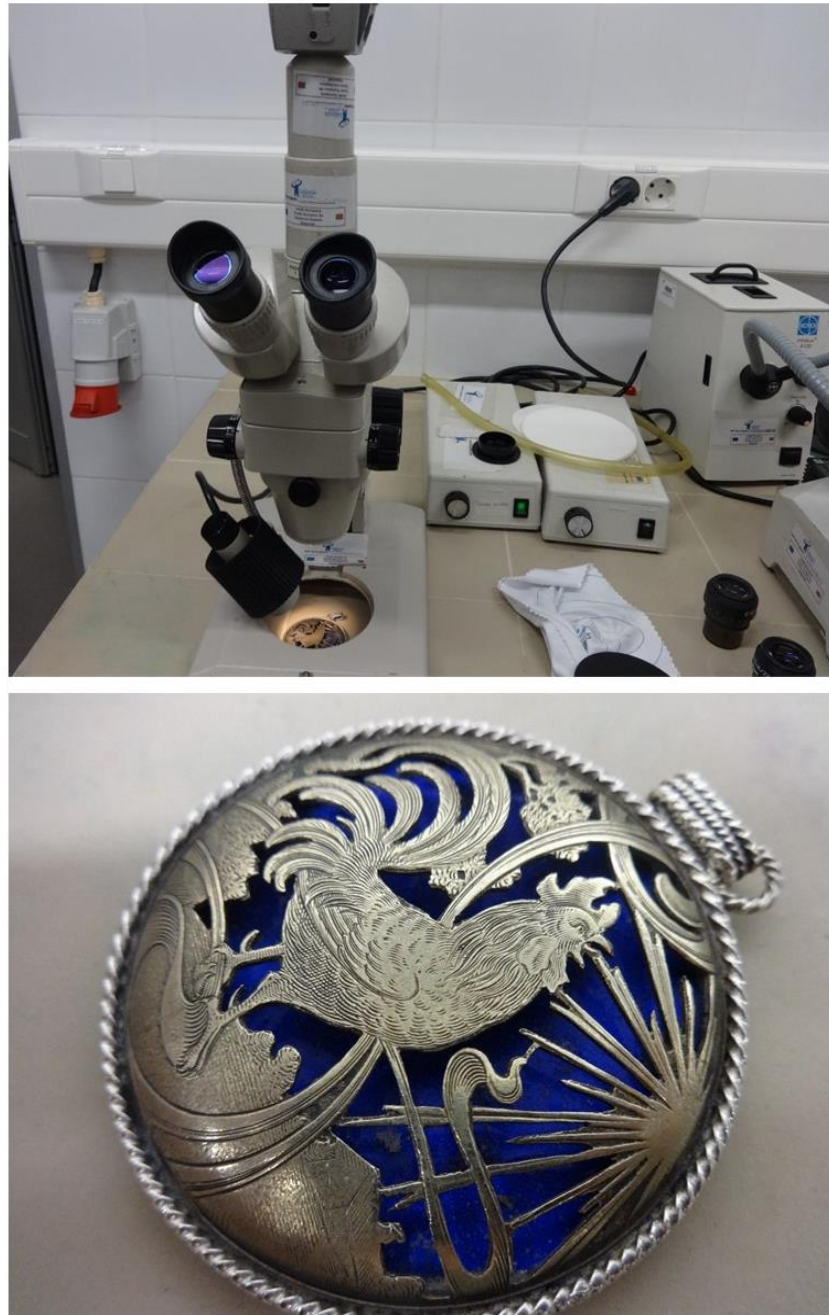


Figura 2 – Desvendando os segredos de uma peça antiga de Arte Nova em prata e esmalte azul, numa lupa estereoscópica trinocular. Para obter uma boa fotomicrografia quando os objectos são demasiado grandes para a lupa estereoscópica, como é o caso deste medalhão, pode-se usar o truque mostrado na Figura, em cima, ou seja, retirar a placa de colocação dos objectos da lupa de forma a conseguir enquadrar a peça na sua totalidade ou pelo menos numa área maior, Fig. 3.

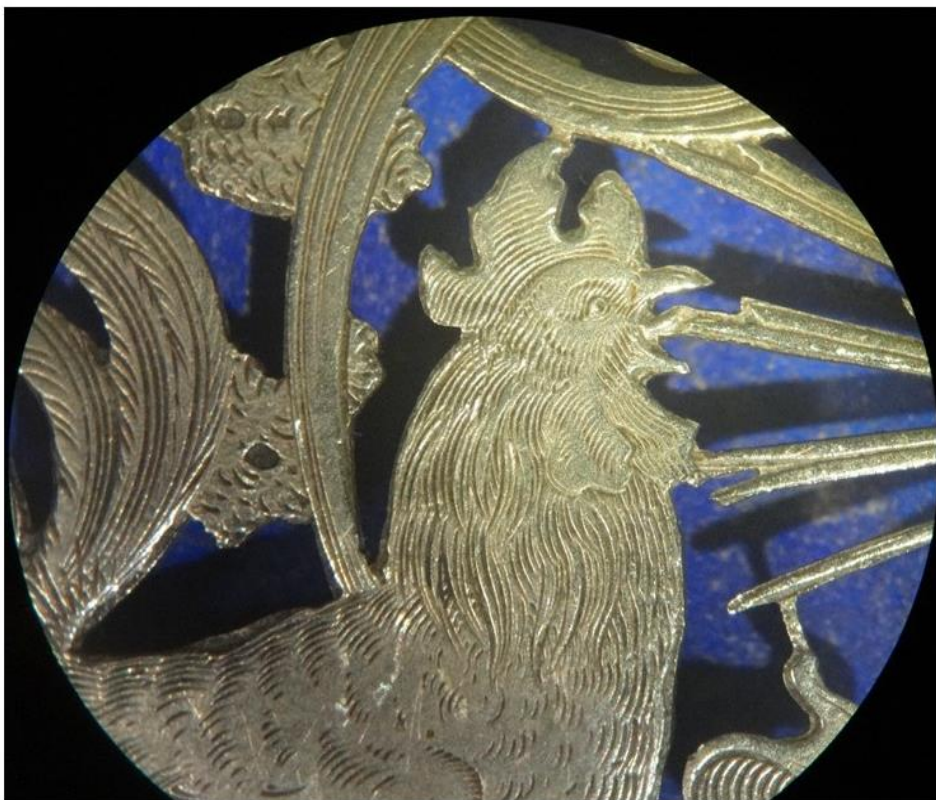
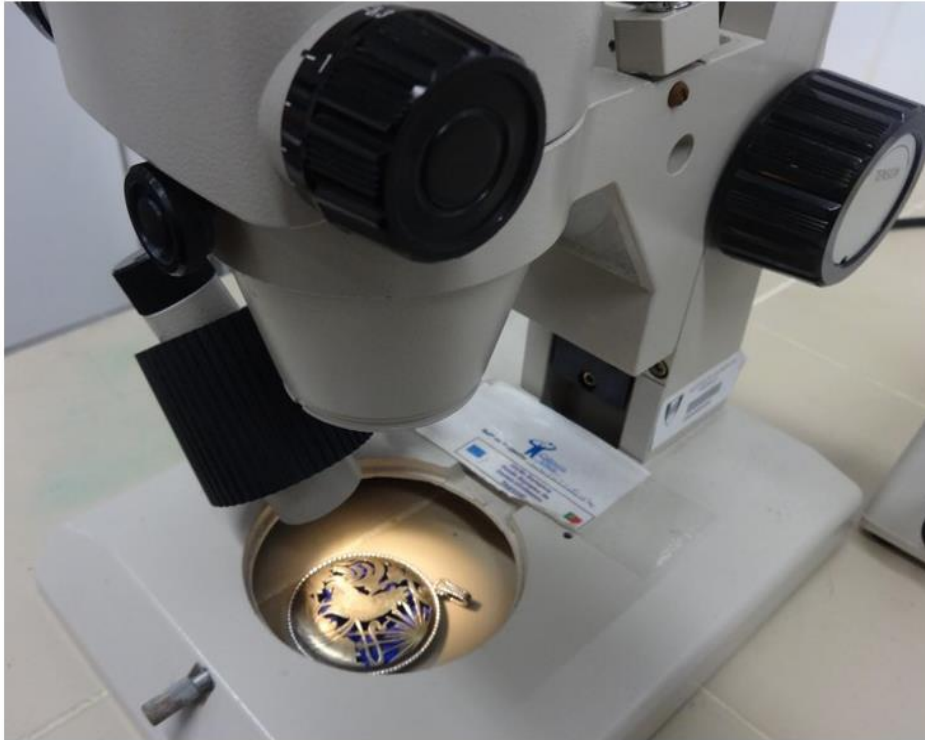


Figura 3 – Lupa estereoscópica regulada para ampliação de 10x (divisão 1 no parafuso de regulação da ampliação), truque descrito na Figura anterior. A imagem ampliada mostra a sujidade acumulada sobre o esmalte azul e a limpeza da peça pode ser mais eficaz se for feita à lupa.



Figura 4 – Peças de cristal muito antigas com aplicações de prata da marca Sterling®, crédito fotográfico: Carlos Oliveira. Em baixo, observação à lupa estereoscópica 10x. Esta coleção de peças permitiu construir inúmeros padrões decorativos com os seus detalhes, apenas usando o PowerPoint®, Photoshop®, Picasa®, etc., Figs. 5,6.

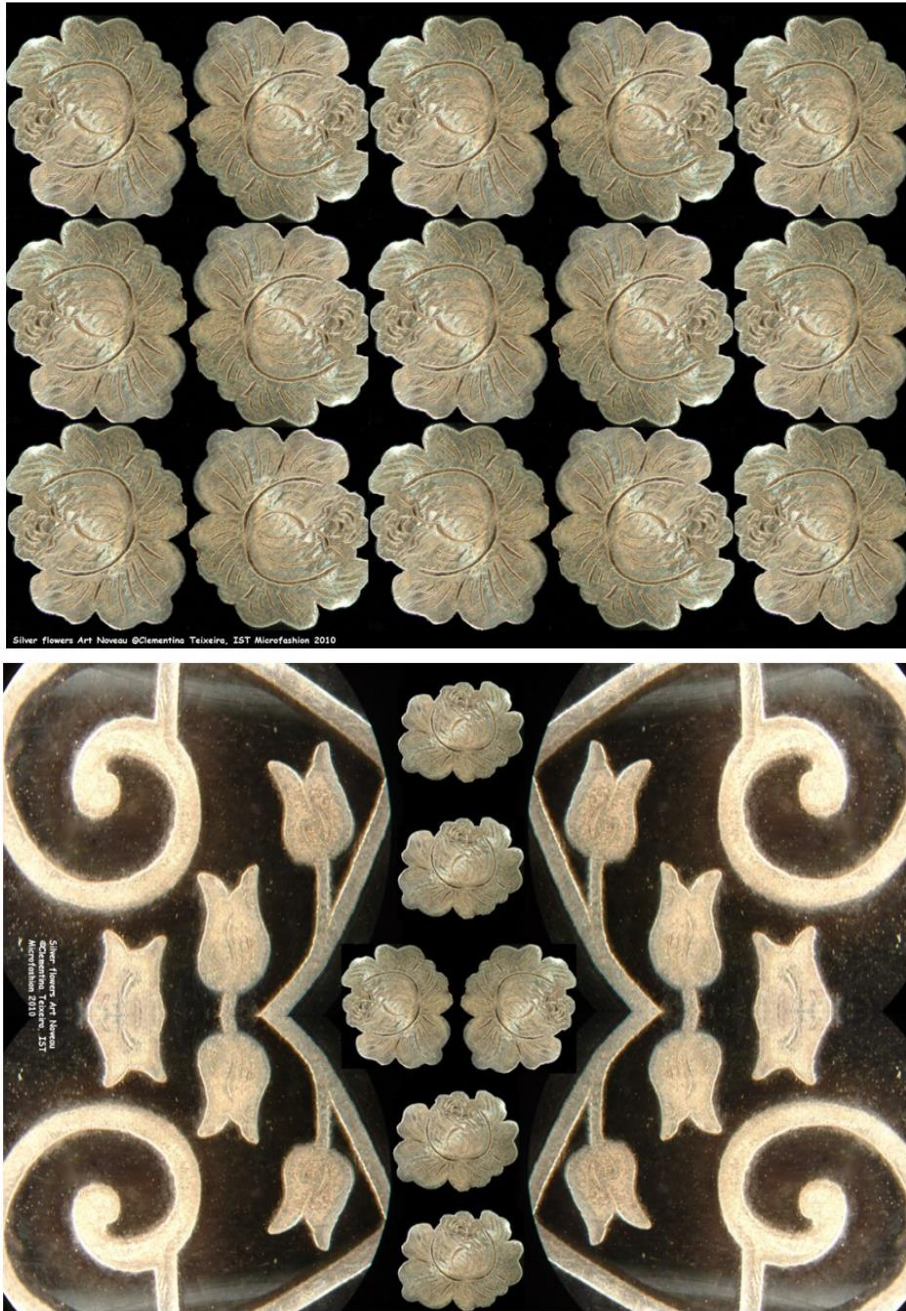


Figura 5 – Padrões decorativos construídos a partir de fotomicrografias de um conjunto de peças de cristal com aplicações de prata, Fig. 4.

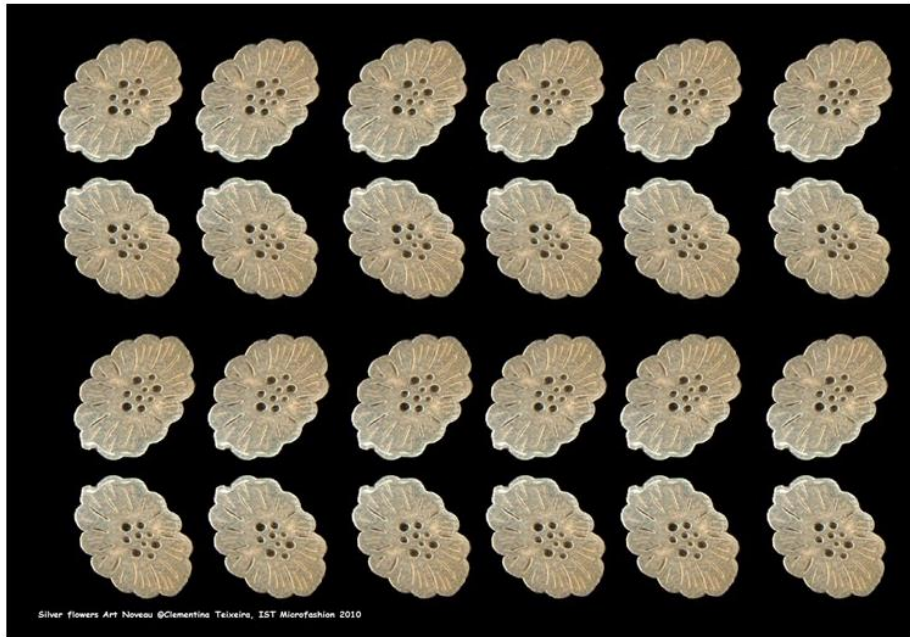


Figura 6 – Padrões decorativos construídos a partir de fotomicrografias de um conjunto de peças de cristal com aplicações de prata, Fig. 4.



Figura 7 – Padrões decorativos construídos a partir de fotomicrografias de uma colher metálica revestida a prata, Fig. 1. Aplicações para individuais de servir à mesa, capas de álbuns, etc.



Figura 8 – Padrões decorativos construídos a partir de fotomicrografias de uma colher metálica revestida a prata, Fig. 1. Aplicações para individuais de servir à mesa, capas de álbuns, etc.

A construção de padrões decorativos feita por esta via pode ser útil na venda das peças, pela criação de acessórios a condizer, o que foi explorado nas Exposições dos Artesãos do Século XXI [6,7]. Mais exemplos da combinação da prata com pedras de ourivesaria

[9] são dados nas figuras seguintes, uma boa estratégia de iniciação à microscopia, sobretudo para alunos mais jovens, além de possibilitar trabalhos de ligação da Química à Arte [10] e à Matemática, no campo da simetria [11]. A ligação à Química é tão rica e diversificada [5,8-10] que será abordada noutros capítulos, desde a limpeza da prata oxidada por métodos químicos, à formação de cristais de prata por reações de oxidação-redução, os cristais dendríticos designados por árvores de prata [12-14].



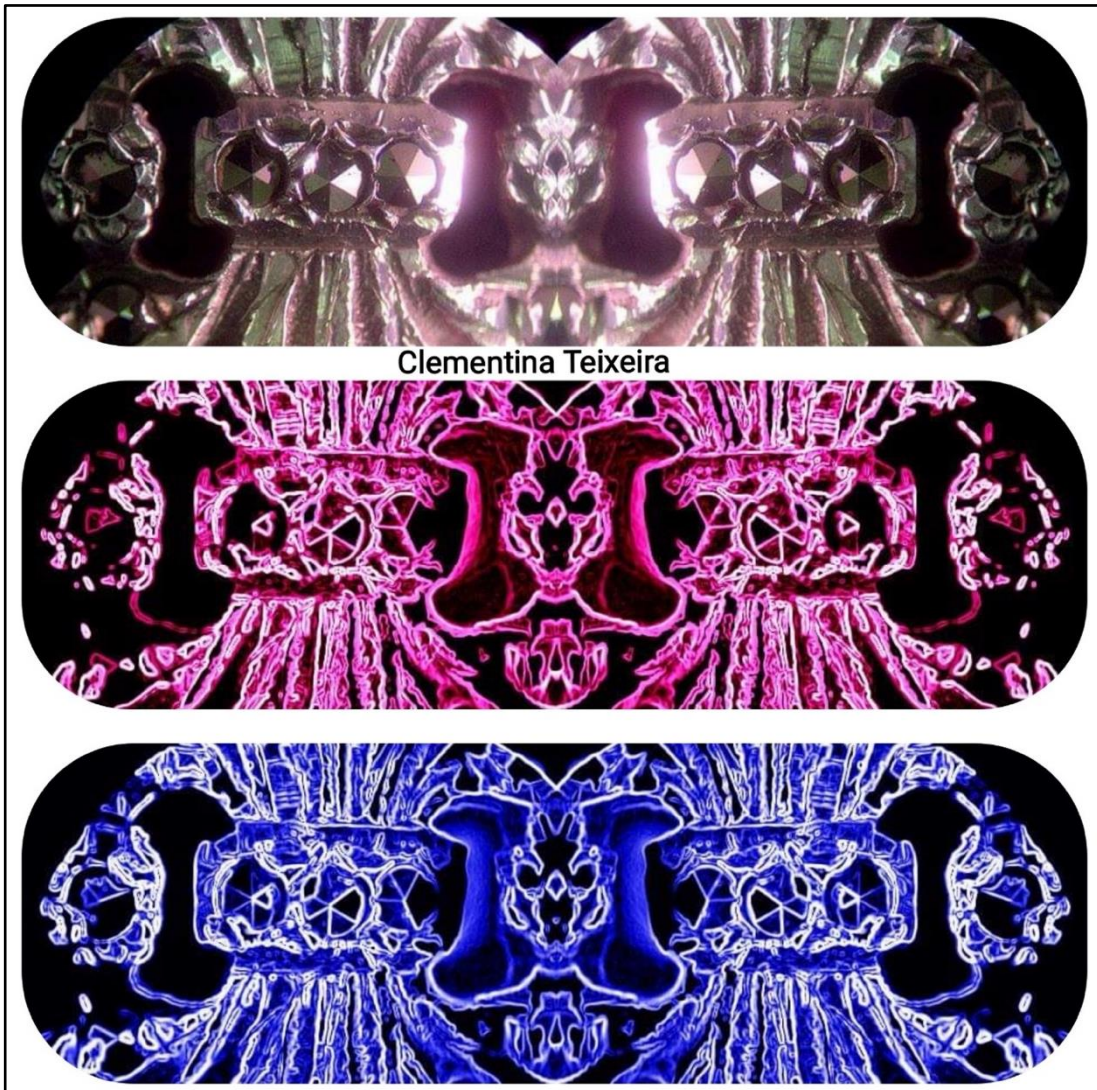


Figura 10 – Projecto de máscaras feitas por simetria de reflexão a partir de uma fotomicrografia do medalhão de prata da Fig. 9. Efeitos de fotomanipulação, efeitos néon do antigo programa Picasa®.

A simetria de reflexão integra os programas do 3^o ano, 1^o ciclo. Para estimular o uso da lupa junto das camadas mais jovens, criou-se um projecto designado por “O microscópio vai ao Carnaval”. As isométrias com simetria axial (um/dois eixos de simetria de reflexão) criam frequentemente figuras que parecem caras, animais e por isso foi criado um projeto de máscaras! A coleção é enorme, foi divulgada em congressos e na rede social *Facebook* e foi integrada num projeto de Ciência e Arte com os pintores holandeses Poen de Wijs e Jantina Peperkamp [15]. Um outro trabalho com a prata, uma pulseira com pedras sintéticas foi anteriormente publicado [9] e também incluído neste projeto, com resultados nas figuras que se seguem.

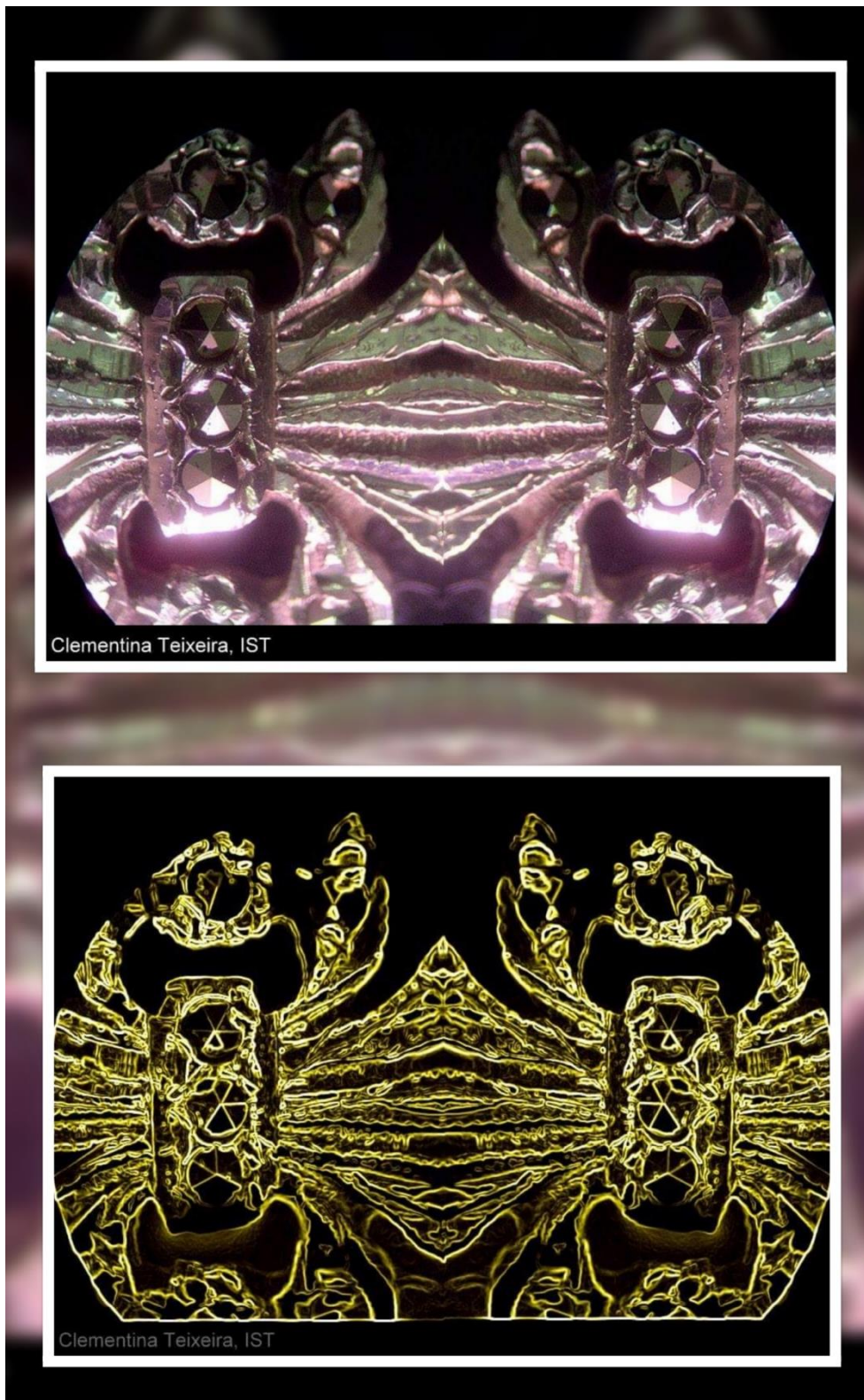


Figura 11 – Projecto de máscaras feitas por simetria de reflexão a partir de uma fotomicrografia do medalhão de prata da Fig. 9. Efeitos de fotomanipulação, efeitos néon, do antigo programa Picasa®.



Figura 12 – Limpeza de uma pulseira de prata à lupa estereoscópica, 10x, com um preparado comercial contendo detergente. A foto macro desta pulseira foi publicada na ref. 9. Mais exemplos na ref. 4.

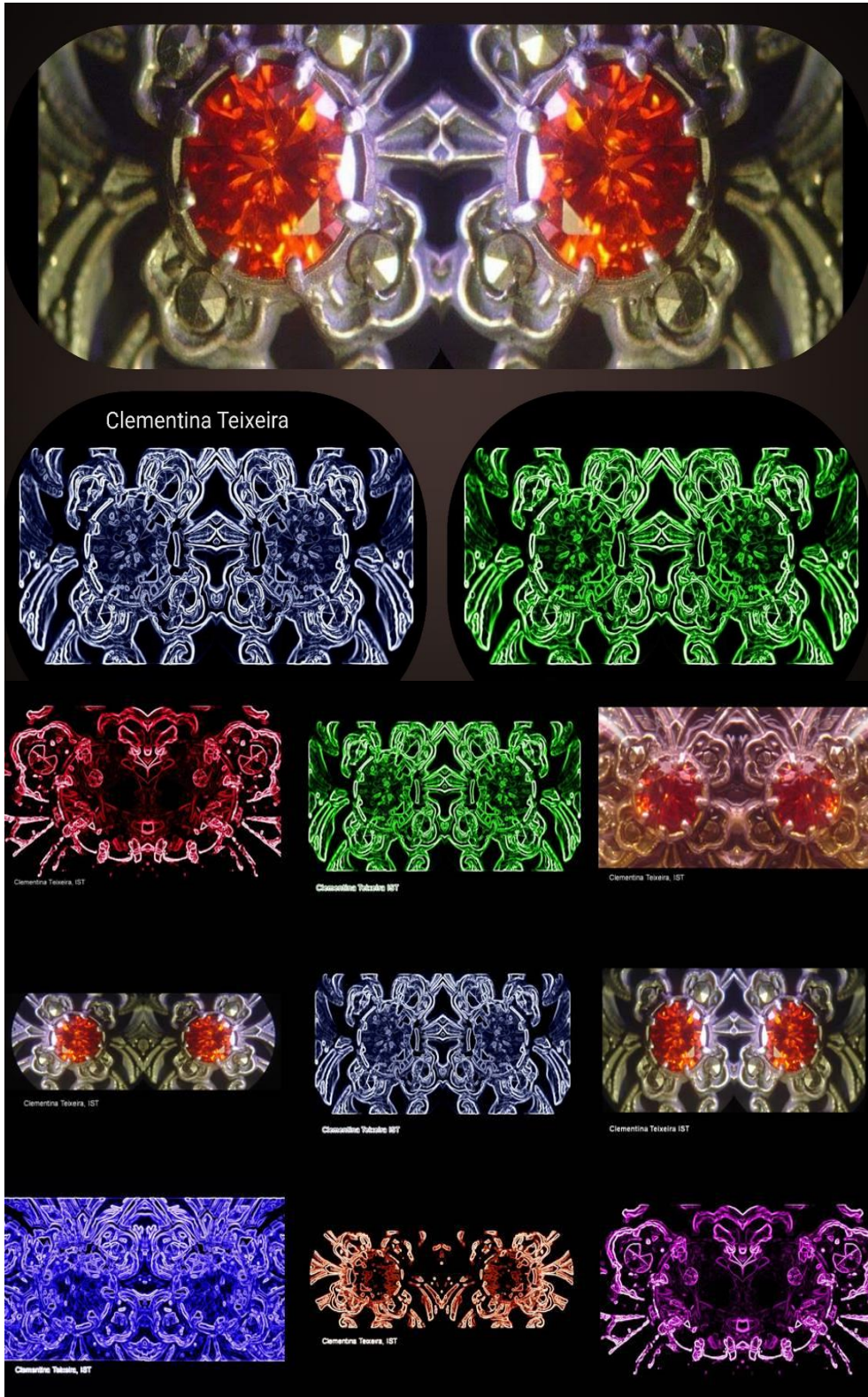


Figura 13 – Trabalhos de simetria de reflexão e fotomanipulação feitos a partir das fotomicrografias de uma pulseira de prata à lupa estereoscópica, 10x, com o original publicado na ref. 9. Efeitos néon no Picasa®. Projeto de máscaras para articulação com trabalhos de Arte de Poen de Wijs [15].



Figura 14 – Trabalhos de simetria de reflexão e fotomanipulação feitos a partir das fotomicrografias de uma pulseira de prata à lupa estereoscópica, 10x, com o original publicado na ref. 9. Efeitos néon no Picasa®. Projeto de máscaras para articulação com trabalhos de Arte de Poen de Wijs [15]. A figura foi baptizada de carochinha!



Figura 15 – As pedras de ourivesaria são muito populares (vidro e acrílicos) para observação à lupa estereoscópica, bem como a sua limpeza. Em cima, à direita e em baixo a ampliação marcada na lupa foi de 10x. Este valor é simbólico, apenas indica a graduação escolhida na lupa, no parafuso de regulação da ampliação. Para uma observação mais cuidadosa teria que ser usado um retículo/escala. Com o seu colorido, as fotomicrografias permitem construir padrões lindíssimos e muito coloridos, tal como foi feito com as zircónias cúbicas [3].

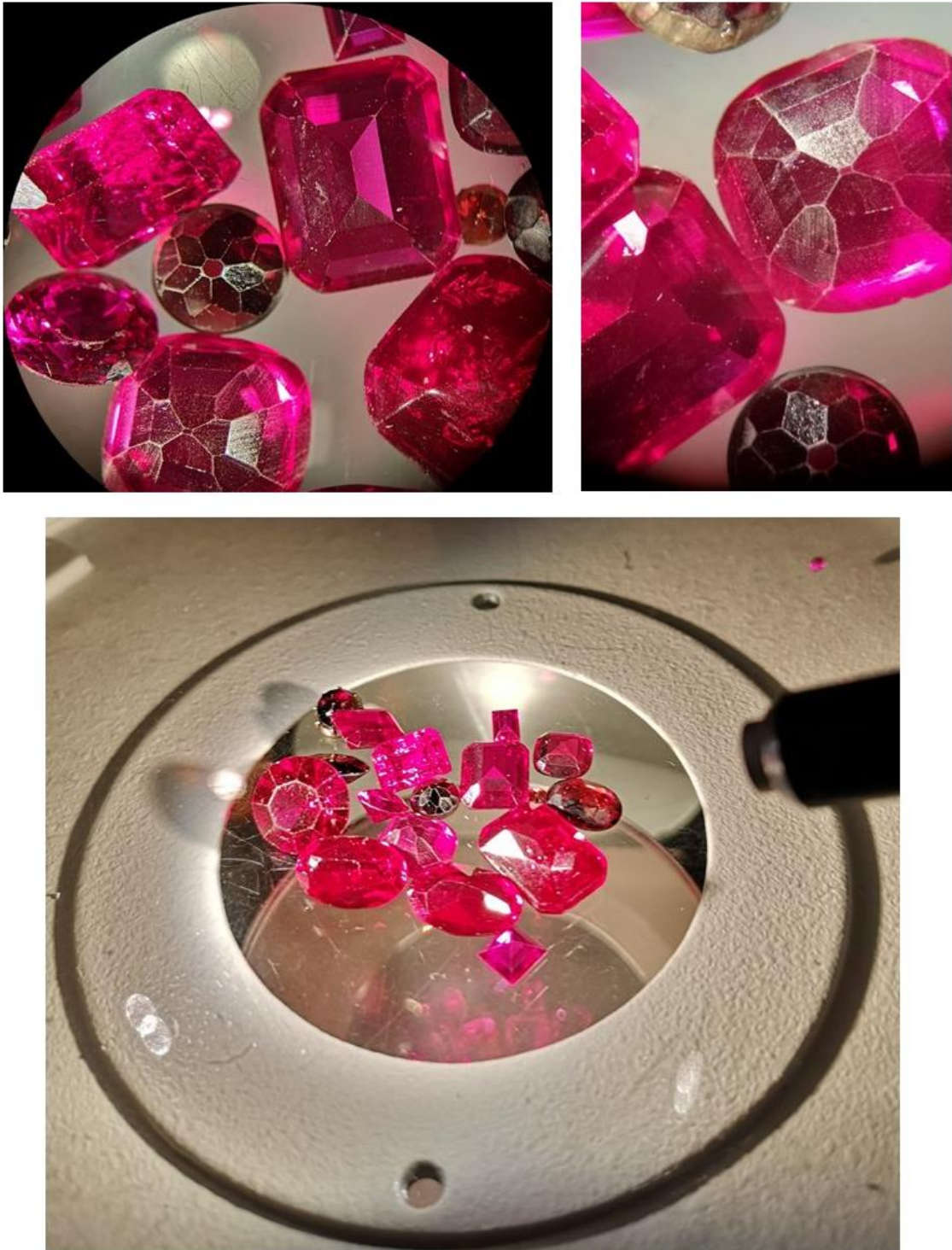


Figura 16 – Pedras de ourivesaria/bijuteria. Em cima a ampliação marcada na lupa foi de 10x. Em baixo, o tamanho real das pedras.

As pedras de ourivesaria/bijuteria são muito populares (vidro e acrílicos) para observação à lupa estereoscópica, bem como a sua limpeza [3]. Muitas destas pedras apresentam forte fluorescência por irradiação com luz Ultravioleta a 254 e a 365 nm. Nos Artesãos do Século XXI têm sido feitas experiências deste tipo com grande êxito,

com as pessoas a trazerem as suas próprias peças para ver o efeito da irradiação. No DEQ/ IST foram feitas experiências de forma informal nos Laboratórios Abertos em 2005 e em 2009 [16]. Foi feita uma palestra/exposição de aplicação da lupa estereoscópica à ourivesaria, com apresentação de um kit de experimentação de jóias que incluía testes de UV com diamantes, águas marinhas, rubis sintéticos e outras pedras, a convite da Ciência Viva [17]. Este projeto continuou a ser apresentado na secção Ourives do Século XXI [6,7].

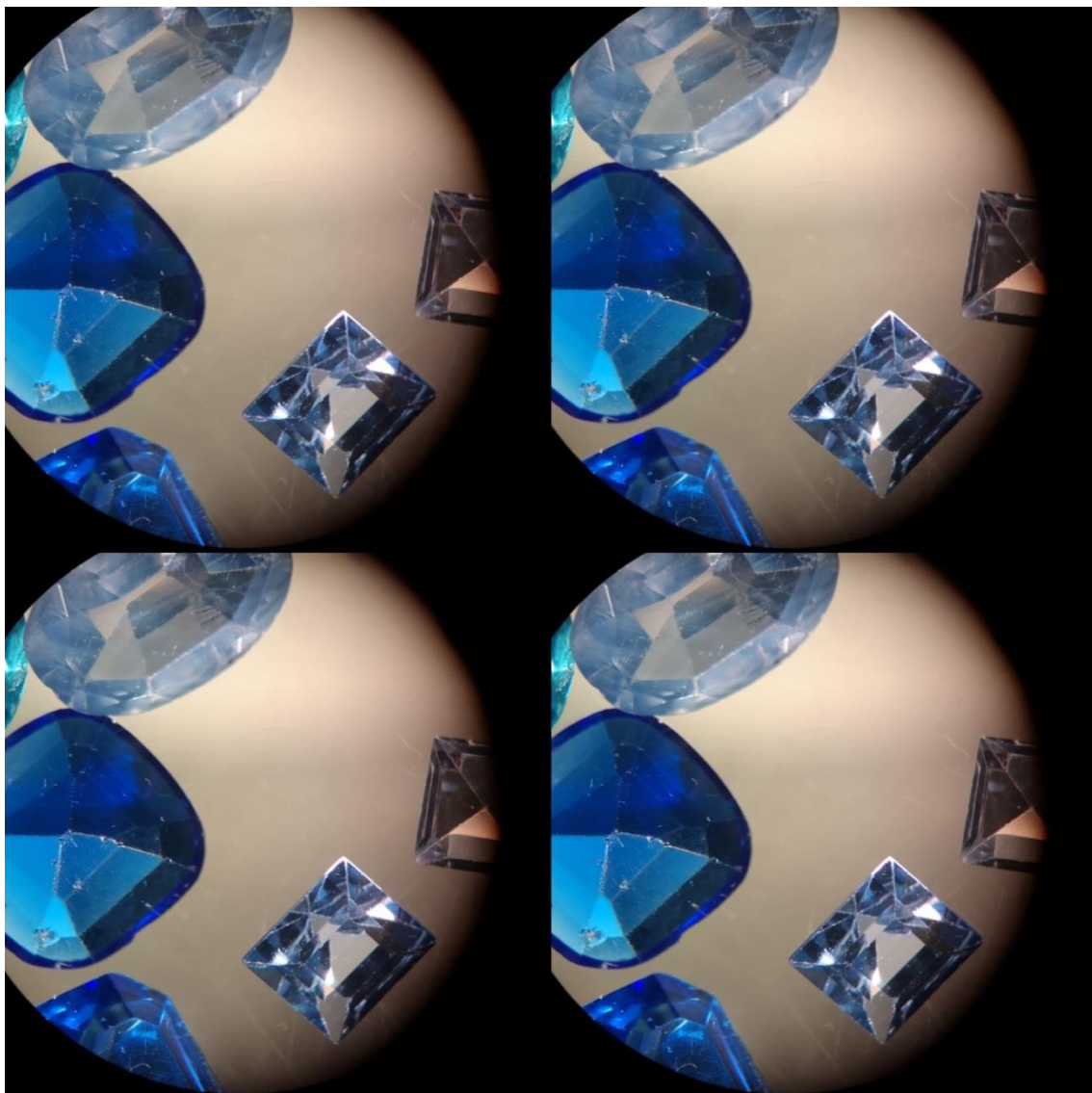


Figura 17 – Pedras de ourivesaria, vidros e acrílicos, simetria de translação, fotomicrografia, 10x. Será interessante para cada um dos padrões determinar quais os tipos de simetria neles utilizados. As gravuras podem acompanhar a venda destes materiais tão utilizados em bijuteria e ourivesaria.

Nas figuras que se seguem estão patentes vários padrões feitos com operações de simetria muito simples, a maioria das quais com simetrias de translação e reflexão, por

utilização do PowerPoint®, seguindo o método apresentado para as zircónias cúbicas [3].

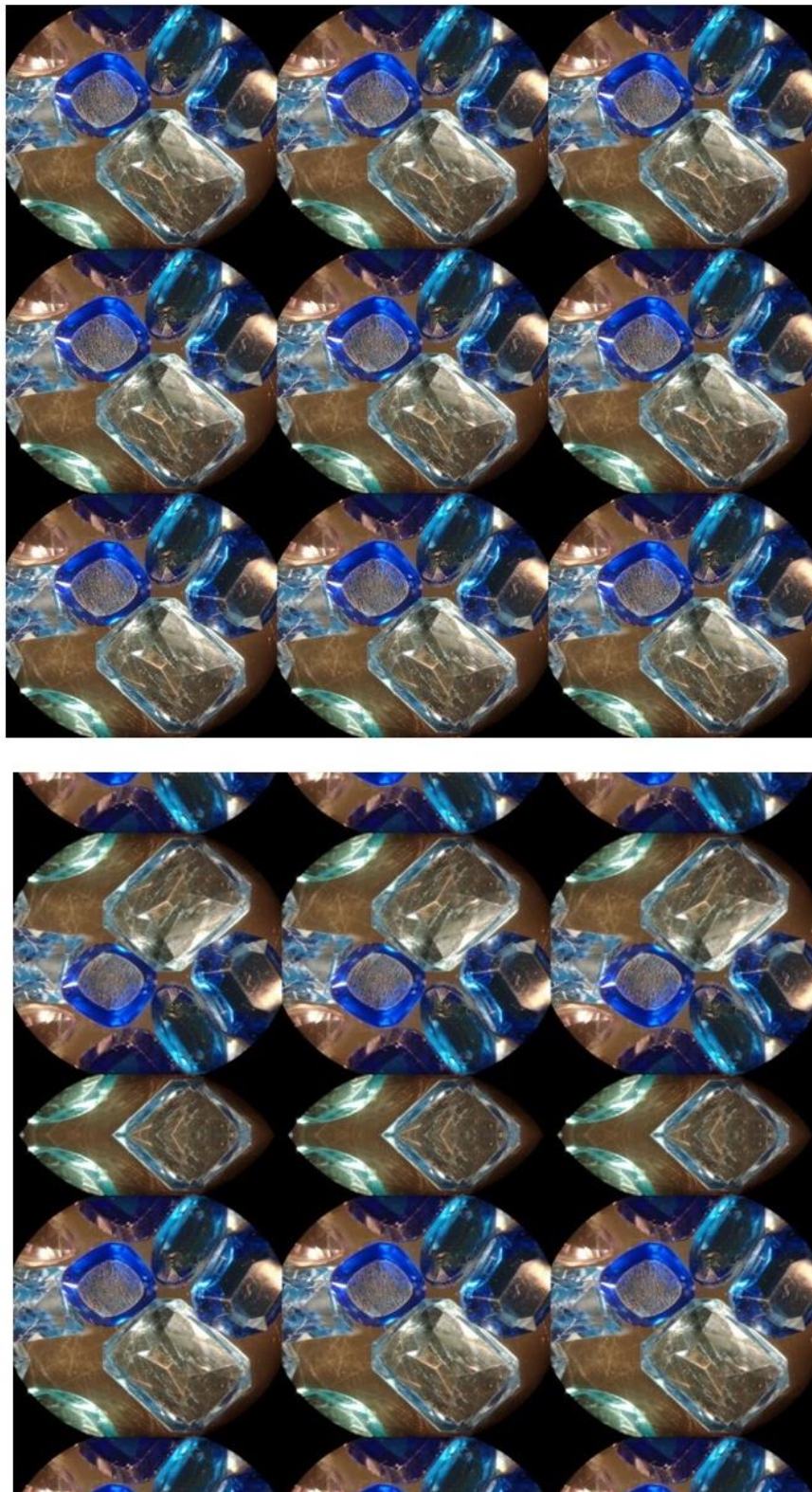


Figura 18 – Simetrias, em cima, por translação, em baixo por translação e reflexão. Fotomicrografia da Fig. 15.



Figura 19 – Simetrias de translação em cima, combinação de fotomicrografias, 10x, em baixo.



Figura 20 – Simetrias de translação feitas a partir da montagem da Fig. 19, em baixo.

A construção destes padrões, a sua impressão em papel e tecidos pode tornar-se uma mais-valia para o comércio artesanal. É também uma excelente via para a discussão de conceitos matemáticos. Além dos pequenos algoritmos disponibilizados em telemóveis e no Google® fotos, de forma gratuita, embora com muito baixa resolução, a simetria tem sido explorada na utilização do programa *GeCla* de geração e classificação de simetrias [11,18]. Vários trabalhos foram apresentados e ligados à Arte, desde 2016, mas até agora ainda não foi feita a discussão desses padrões do ponto de vista matemático o que é uma pena, pois a utilização de cristais, por exemplo, dá padrões fantásticos que poderiam fazer a ligação da Matemática à Química, à Geologia, aos Materiais e à Ciência em geral. Com vários exemplos envolvendo a fotomicrografia do colar grego de prata da Fig. 1, encerra-se este capítulo.

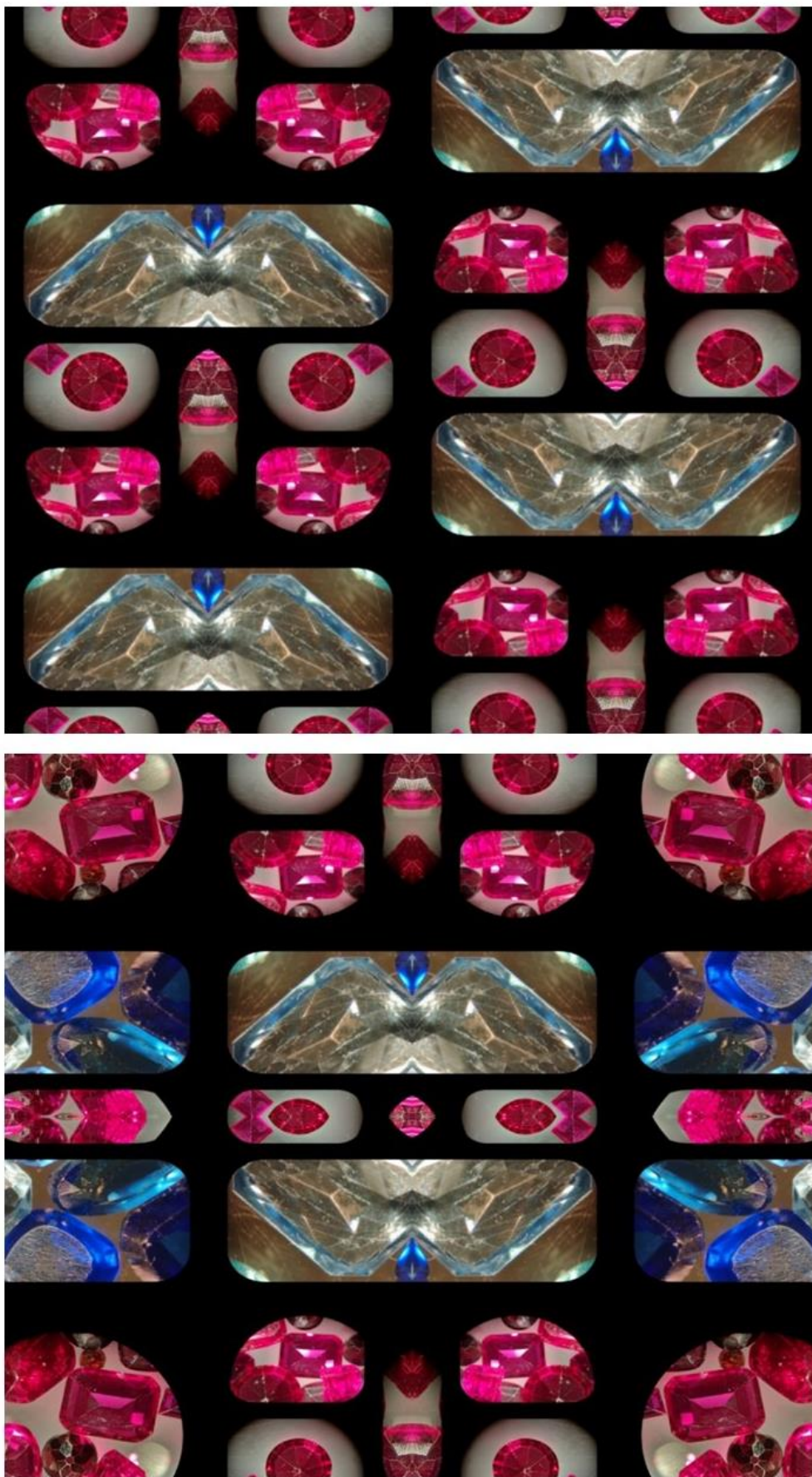


Figura 21 – Simetrias de translação feitas a partir da montagem da Fig. 17, em baixo.



Figura 22 – Formação de uma figura que pode representar uma placa de Petri, com simetrias feitas a partir de fotomicrografias de pedras de ourivesaria.

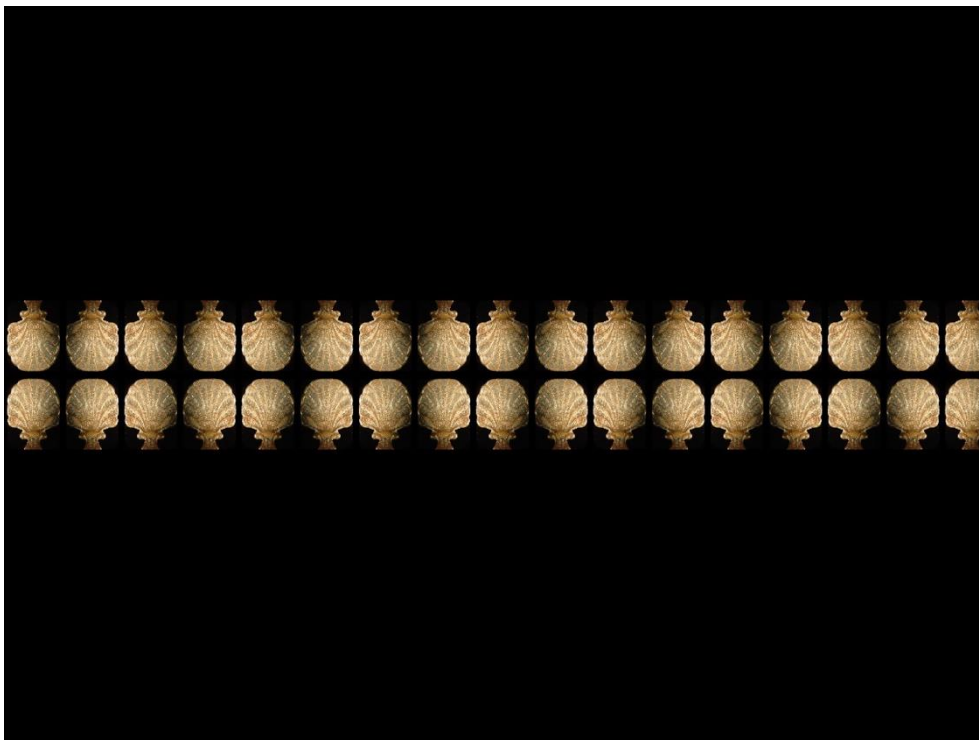


Figura 23 – Frisos gerados a partir da fotomicrografia da Fig. 1, de uma colher metálica, programa *GeCla*.

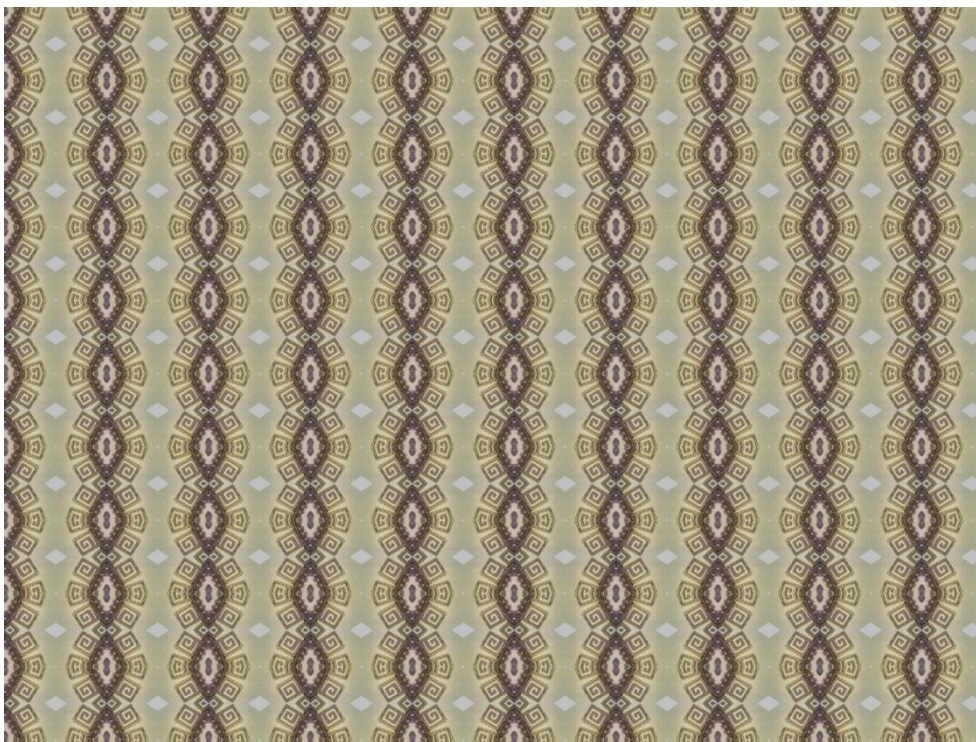
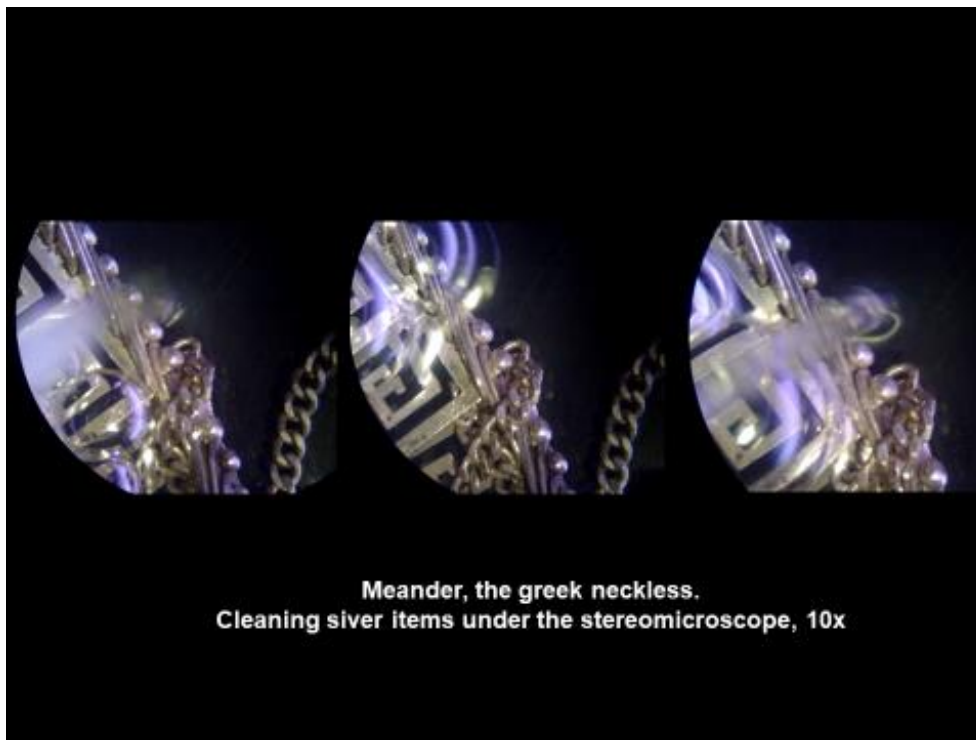


Figura 24 – Fotomicrografias, 10x, da limpeza do colar grego da Fig. 1. Em baixo, padrão gerado pelo *GeCl* a partir da fotomicrografia.

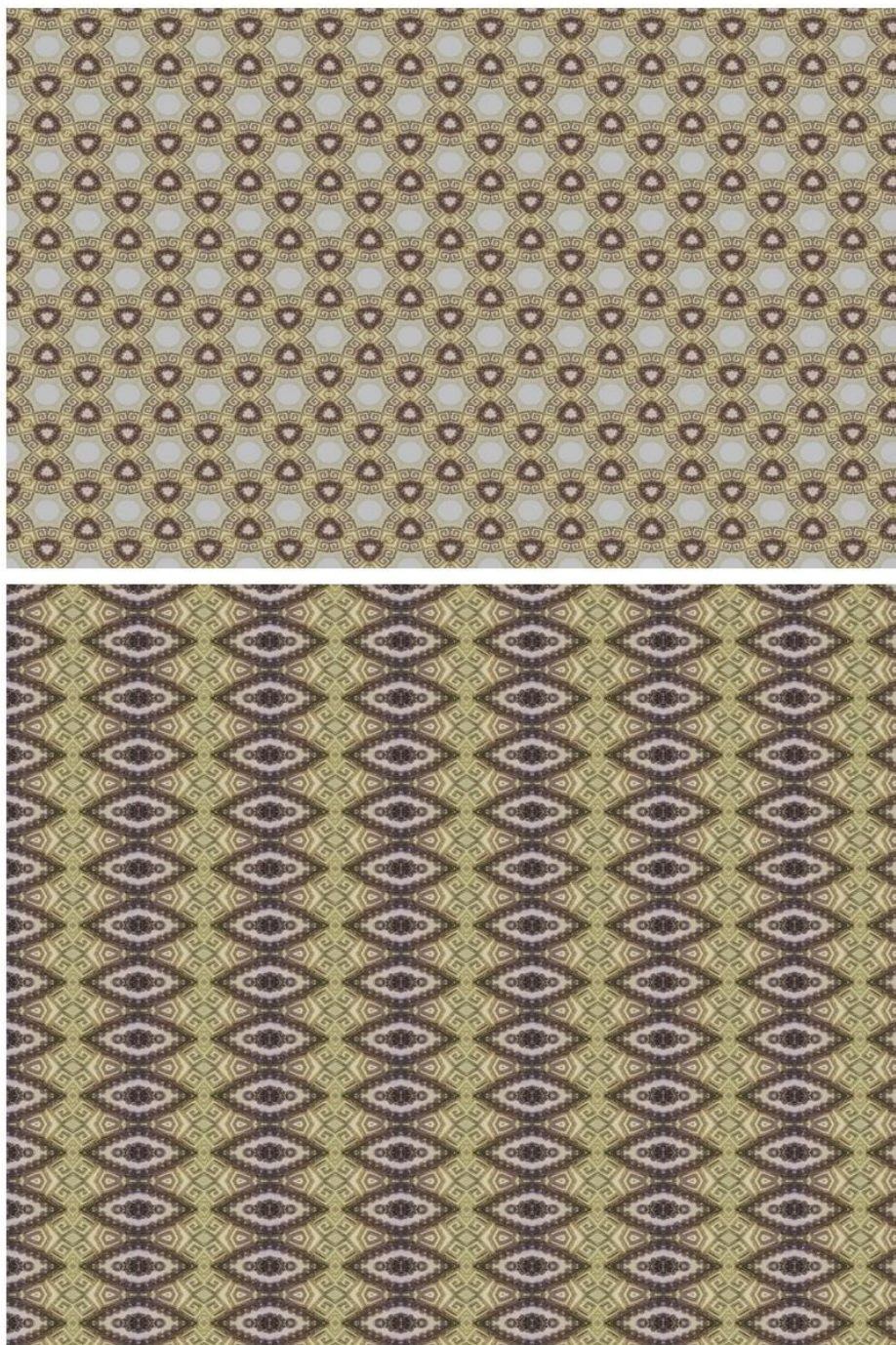


Figura 25 – Padrões gerados a partir da fotomicrografia do colar de prata das Figs. 1,24 (*GeCl_a*).

Agradecimentos

Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal, Centro de Química Estrutural – Project UIOB/00100/2020 (financiamento parcial). Este trabalho foi financiado pela autora que agradece a colaboração dos antiquários Vitorino Cravinho e Alice's Antiquidades.

Bibliografia e Notas

- [1] Este é o quarto de vários Capítulos de uma publicação sobre cristais químicos e minerais ligada à temática apresentada nos Laboratórios Abertos 2020 do DEQ, num módulo experimental de observação à lupa estereoscópica, Cristais 3D e Exposição. O trabalho aqui descrito tem vindo a ser largamente divulgado noutras ações de *outreach* promovidas pelo Centro de Química Estrutural do IST-UL. Inclui ainda muito trabalho pessoal da autora, em colaboração com vários antiquários e ourives.
- [2] Clementina Teixeira, Dulce Simão, Anabela Graça, “Observação de cristais à lupa estereoscópica e sua articulação com outros módulos expositivos”, Cap.1, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Março 2020, p.2-26. DOI: [10.13140/RG.2.2.24508.05769](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24508.05769)
https://www.researchgate.net/publication/341827875_Observacao_de_cristais_a_lupa_estereoscopica_e_sua_articulacao_com_outros_modulos_expositivos_Capitulo_1_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira_Centro
- [3] Clementina Teixeira, “Observação de objetos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Zircónias”, Cap.2, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Março 2020, p1-19. DOI: [10.13140/RG.2.2.31520.40966](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31520.40966)
https://www.researchgate.net/publication/341878673_Observacao_de_objectos_de_ourivesaria_a_lupa_estereoscopica_Zirconias_Capitulo_2_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira_Centro_de_Quimica_Estrutural_e
- [4] Clementina Teixeira, “Observação de artefactos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Cristais metálicos: ouro, prata, cobre e ligas metálicas”, Cap.3, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Maio 2020, p1-15. DOI: [10.13140/RG.2.2.28717.92640](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28717.92640)
https://www.researchgate.net/publication/341942420_Observacao_de_artefactos_de_ourivesaria_a_lupa_estereoscopica_Cristais_metalicos_ouro_prata_cobre_e_ligas_metalicas_Capitulo_3_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Cleme
- [5] Clementina Teixeira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Gonçalo Santos em “Cristais Químicos em 3D e Exposição”, Livro dos Laboratórios Abertos 2020, eds. M. A. Lemos, C. Gomes de Azevedo, D. Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Fevereiro 2020, p127-180. DOI: [10.13140/RG.2.2.20543.05287](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20543.05287)
https://www.researchgate.net/publication/340606494_Cristais_em_3D_e_Exposicao/stats
- [6] Clementina Teixeira, “Artesãos do Século XXI”- Artesanato observado ao microscópio, Catálogo da exposição, edição de autor, Projecto Ciência Viva, CV 100-2009/432, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, p 1-17, Dezembro 2009. DOI: [10.13140/RG.2.1.4313.2969](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4313.2969). Consultar os numerosos suplementos (links) na *ResearchGate*, com os cartazes e montagens de fotomicrografias de reações químicas e cristalizações. Apresentam-se como anexos, em pdf na referida rede de profissionais.
https://www.researchgate.net/publication/266175081_Artesos_do_Sculo_XXI_Artisanato_observado_ao_microscpio
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.576179665756250/970271946347018/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.576179665756250/970272316346981/?type=3&theater>
- [7] https://www.researchgate.net/publication/275891399_ArtesosOuroII
- [8] Clementina Teixeira em “Química e Arte: Sugestões para o Ano Internacional da Tabela Periódica 2019”, Livro dos Laboratórios Abertos 2019, Eds. M.A. Lemos, C. Gomes de Azevedo, D. Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, ISBN: 978-989-99508-6-3.
- [9] Clementina Teixeira, V. André, N. Lourenço, M. J. Rodrigues, “Crescimento de Cristais por Nucleação Heterogénea: On the Rocks Revisited”, *Ciência e Tecnologia dos Materiais*, 19, nº1-2 (2007) 66-77. Neste artigo aparece pela primeira vez a fotografia de uma jóia de prata e pedras sintéticas (aqui incluída) ampliada à lupa estereoscópica, evidenciando a utilidade desta técnica em ourivesaria.
- [10] Clementina Teixeira, “O Microscópio Descobre a Prata”, *Artesãos do Século XXI*”,

https://www.researchgate.net/publication/275892694_ArtesaosAg1#fullTextFileContent

https://www.researchgate.net/publication/275951577_ArtesaosAg2

https://www.researchgate.net/publication/276937089_ArtesaosAg3

[11] Clementina Teixeira, Jacob Christian Poen de Wijs, Jantina Peperkamp, Christa Zaat “Padrões Decorativos: Divulgação Colaborativa de Ciência e Arte”, Poster, V Encontro Internacional da Casa das Ciências, Centro Cultural Vila Flor, Guimarães, 9-11 de Julho de 2018. Poster DOI: 10.13140/RG.2.2.18898.04800.

https://www.researchgate.net/publication/326395751_Ciencia_e_Arte_Simetrias

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/622568824450667/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2258314230876110/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/622568827784000/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2266388333402033/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2266388310068702/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2266388373402029/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2266577350049798/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2266577253383141/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/640888582618691/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/601081339932749/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/601081333266083/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2266718286702371/?type=3&theater>

[12] Clementina Teixeira, Gonçalo Santos, Erik C.P. Benedicto, “Reações Químicas e Formação de Cristais à Lupa Estereoscópica no Ano Internacional da Tabela Periódica 2019”, comunicação em Poster, VI Encontro Internacional da Casa das Ciências, FCUL, 10-12 de Julho 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.20057.4720.

[13] Maria Conceição Oliveira, Hermínio Diogo, Clementina Teixeira, Manuel Francisco Costa Pereira, Cristais “On The Rocks”, Microscopia Química: Fotografia Científica e Arte Digital, Poster, V Encontro Internacional da Casa das Ciências, Centro Cultural Vila Flor, Guimarães, 9-11 de Julho de 2018. (Centro de Química Estrutural e Museu Alfredo Bensaúde, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa).

https://www.researchgate.net/publication/326676156_Poster_Cristais_On_the_Rocks_Digital_Art_Photo_micrography

https://www.researchgate.net/publication/326676133_Maria_Conceicao_Oliveira_Herminio_Diogo_Clementina_Teixeira_Manuel_Francisco_Costa_Pereira_Cristais_On_The_Rocks_Microscopia_Quimica_Fotografia_Cientifica_e_Arte_Digital_Poster_V_Encontro_Internacional

[14] Clementina Teixeira, Maria da Conceição Oliveira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Electric Dreams, Poster PA10, XII Iberic Meeting of Electrochemistry & XVI Meeting of the Portuguese Electrochemical Society, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 8-11 de Setembro de 2010. DOI: 10.13140/RG.2.1.2363.5369

https://www.researchgate.net/publication/276092177_Clementina_Teixeira_Maria_da_Conceicao_Oliveira_Erik_CP_Benedicto_Electric_Dreams_Poster_PA10_XII_Iberic_Meeting_of_Electrochemistry_XVI_Meeting_of_the_Portuguese_Electrochemical_Society_Instituto_Sup

https://www.researchgate.net/publication/279955707_Electric_Dreams_Chemical_Microscopy#fullTextFileContent

[15] Clementina Teixeira, álbum de máscaras e de ligação da microscopia à Arte de Poen de Wijs e Jantina Peperkamp. Algumas das máscaras construídas por simetria de reflexão a partir de fotomicrografias de jóias e de outros objectos.

https://www.facebook.com/pg/profClementinaTeixeira/photos/?tab=album&album_id=596390543735162

[16] Experiências de fluorescência de gemas e pedras usadas em ourivesaria, Laboratórios Abertos do DEQ, 2009. Câmara escura improvisada com uma caixa de madeira e pano preto, com a lâmpada lá dentro, irradiação a 254 e 365 nm.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/599153256792224/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/599153270125556/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.962424180465128/3902453386462178/?type=3&theater>

[17] Clementina Teixeira, Crystal Growth and Chemical Microscopy-Perspectives on the development of new didactical materials, "Innovation days", 4^{as} Jornadas de Inovação 2009, Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica, Feira Internacional de Lisboa, 20 de Junho 2009. DOI:10.13140/RG.2.1.4636.8802

https://www.researchgate.net/publication/274718482_Clementina_Teixeira_Crystal_Growth_and_Chemical_Microscopy-

[Perspectives_on_the_development_of_new_didactical_materials_Innovation_days_4as_Jornadas_de_Inovacao_2009_Agencia_Nacional_para_a_Cultura_Cie#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/274718482_Clementina_Teixeira_Crystal_Growth_and_Chemical_Microscopy-Perspectives_on_the_development_of_new_didactical_materials_Innovation_days_4as_Jornadas_de_Inovacao_2009_Agencia_Nacional_para_a_Cultura_Cie#fullTextFileContent)

[18] Clementina Teixeira, Jacob Christian Poen de Wijs, Jantina Peperkamp, Christa Zaat, "Cientistas e Artistas, Divulgação de Química e Arte", comunicação oral, V Encontro Internacional da Casa das Ciências, Centro Cultural Vila Flor, Guimarães, 9-11 de Julho de 2018.

https://www.researchgate.net/publication/326463966_cientistas_e_artistas_quimica_e_arte?showFullText=1&linkId=5b4f4d44a6fdcc8dae2b2399

https://www.researchgate.net/publication/326463562_Clementina_Teixeira_Jacob_Christian_Poen_de_Wijs_Jantina_Peperkamp_Christa_Zaat_Cientistas_e_Artistas_Divulgacao_de_Quimica_e_Arte_comunicacao_oral_V_Encontro_Internacional_da_Casa_das_Ciencias_Centro

Capítulo 5. Cristais químicos de limpa-pratas com tioureia. Árvores de prata. Observação à lupa estereoscópica.

Clementina Teixeira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Gonçalo Santos

Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

A prata, Fig. 1, é um metal de eleição do ponto de vista de divulgação científica: a sua aplicação em ourivesaria, bijuteria e na composição de ligas metálicas é um assunto que já foi várias vezes abordado, principalmente no contexto de observação à lupa estereoscópica [1-10]. Porém, o facto de ser reativa e atuar como oxidante em reações redox com outros metais (Hg, Cu, Pb, Sn, Zn, Mg), como é o caso das suas soluções aquosas de nitrato de prata, permite-nos acompanhar, à lupa, o belíssimo crescimento dos seus cristais dendríticos, formando fractais, as conhecidas árvores de prata [11-16]. Por outro lado, a sua limpeza por métodos químicos é outro aspeto a considerar e neles podemos ter duas vertentes: um método em que forma um par redox com folha de alumínio, em meio básico (suspensão de detergente de roupa, Skip®), o qual foi descrito na Exposição Artesãos do Século XXI [10]; o outro, ainda por explicar do ponto de vista químico, em que reage com preparados comerciais contendo tioureia, Figs. 2,3, que ao evaporar formam cristais *hourglass* com defeitos cristalinos em forma de ampulheta pela oclusão de solvente na rede cristalina. Serão estes os objetivos principais neste capítulo. Na Fig. 1 apresentamos fotomicrografias de folha de prata vista à lupa estereoscópica [5], as quais têm sido utilizadas em trabalhos de ligação da Ciência à Arte de Poen de Wijs [17] e no projeto de microscopia aplicada “Artesãos do Século XXI” [7,18]. Muitos pintores têm obras com aplicação de folha de prata e ouro, seduzidos pelo seu brilho metálico. Tal é o caso de Poen de Wijs (folha de Au, Ag, Cu) [18], Duma Arantes (folha de ouro) [19] e Jacqueline De Montaigne (série de pássaros em folha de ouro e de prata) [20].

Os cristais de prata, com o seu brilho prateado característico podem, no entanto, aparecer de cor dourada, quando observados à lupa estereoscópica, dependendo tal facto do tipo de iluminação utilizada (o brilho dourado resulta do uso de luz

incandescente na iluminação). Apresentam-se a seguir experiências com cristais de tiourea, cristais de limpa-pratas contendo tiourea e alguns exemplos de cristais dendríticos do metal, formados a partir das conhecidas reações de oxidação – redução de deslocamento de metal. Estas últimas são ferramentas muito importantes para a divulgação da série eletroquímica dos metais e serão descritas em diversos capítulos.

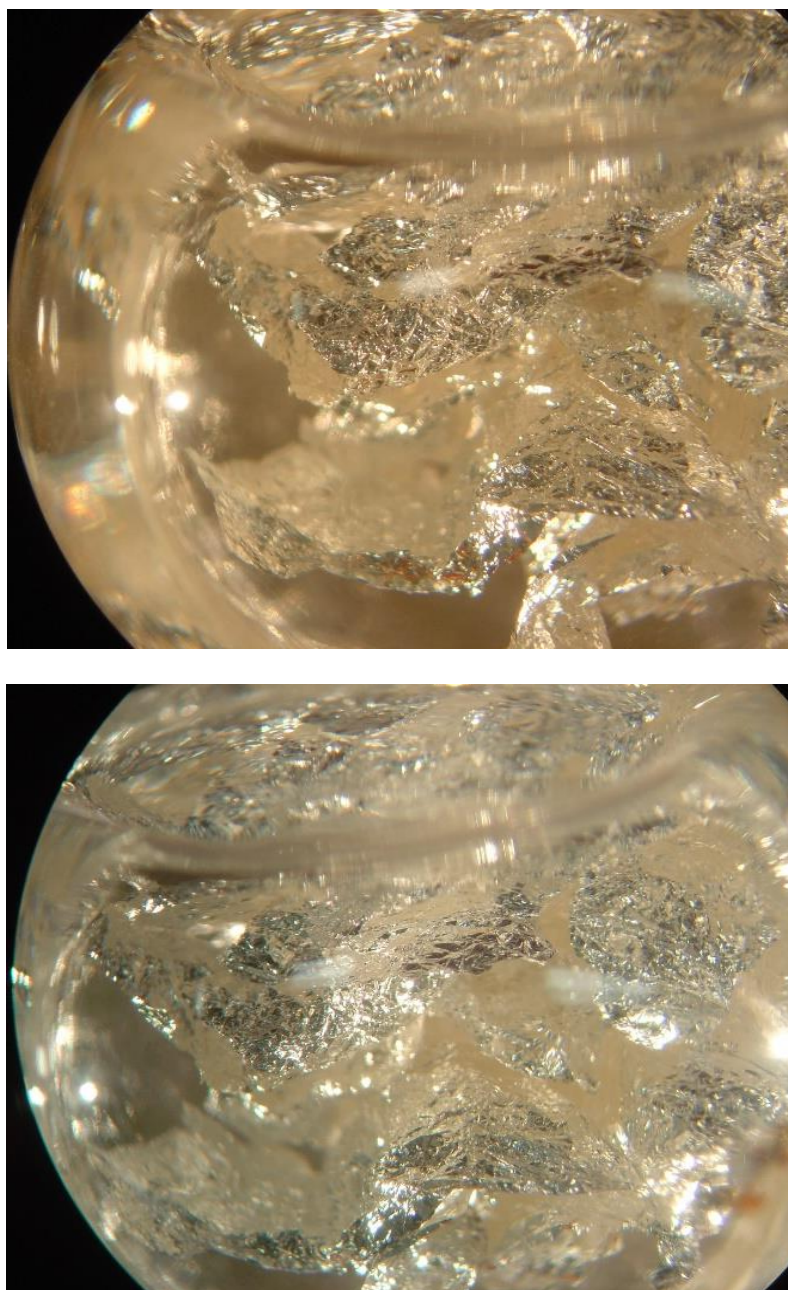


Figura 1 – Fotomicrografias de folha de prata, acondicionada num frasco contendo óleo, lupa estereoscópica, 10x [3,5].

5.1. Tioureia, lupa estereoscópica

Com uma estrutura semelhante à da ureia, com um átomo de enxofre no lugar do oxigênio, a tioureia, Figs. 2,3, apresenta-se como uma substância cristalina e branca, solúvel em etanol e água (solubilidade a 25 °C de 140g/L e ponto de fusão de 180 °C).

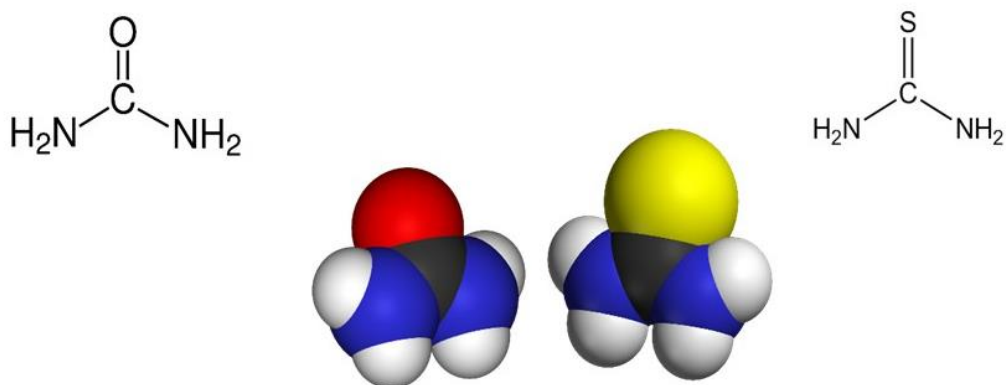
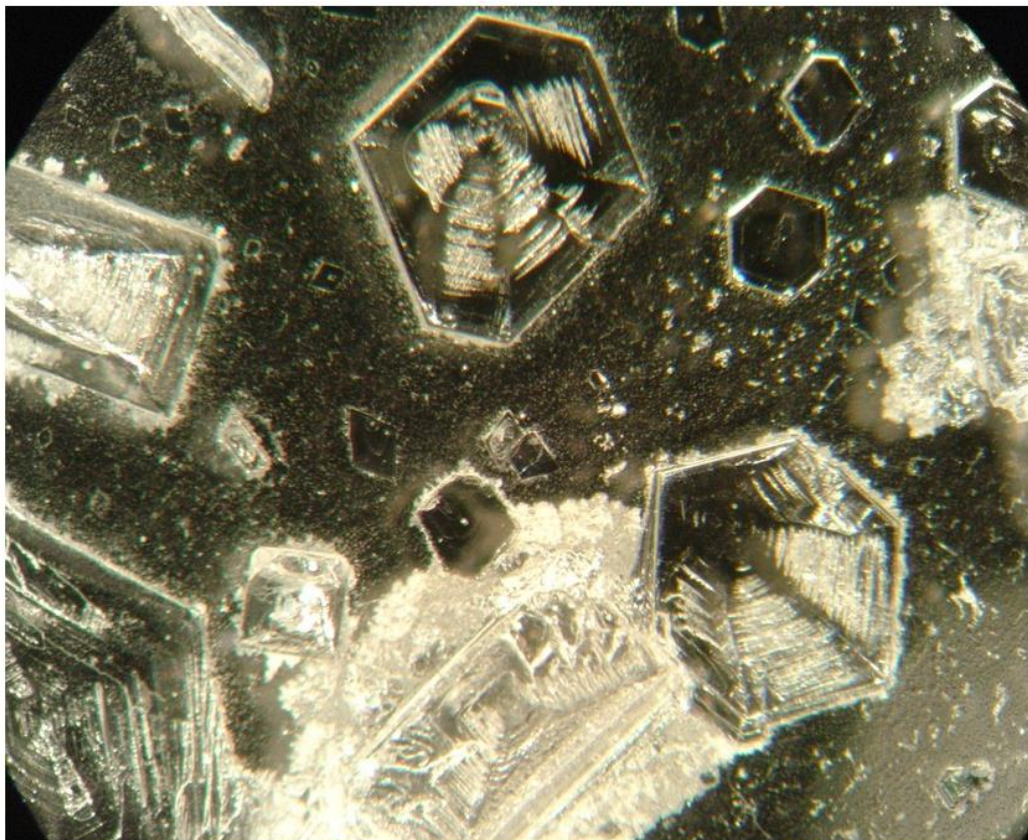


Figura 2 – Cristais moleculares de tioureia (tiocarbamida) observados à lupa estereoscópica, com diferentes hábitos cristalinos, 20x. Fórmulas estruturais da ureia e da tioureia [5,21,22]. Comparando os dois modelos, ao centro, podem-se ver as dimensões relativas dos átomos de oxigênio, a vermelho e de enxofre, a amarelo. Seria interessante fazer um estudo comparativo das forças intermoleculares/pontes de hidrogênio, nos dois casos!

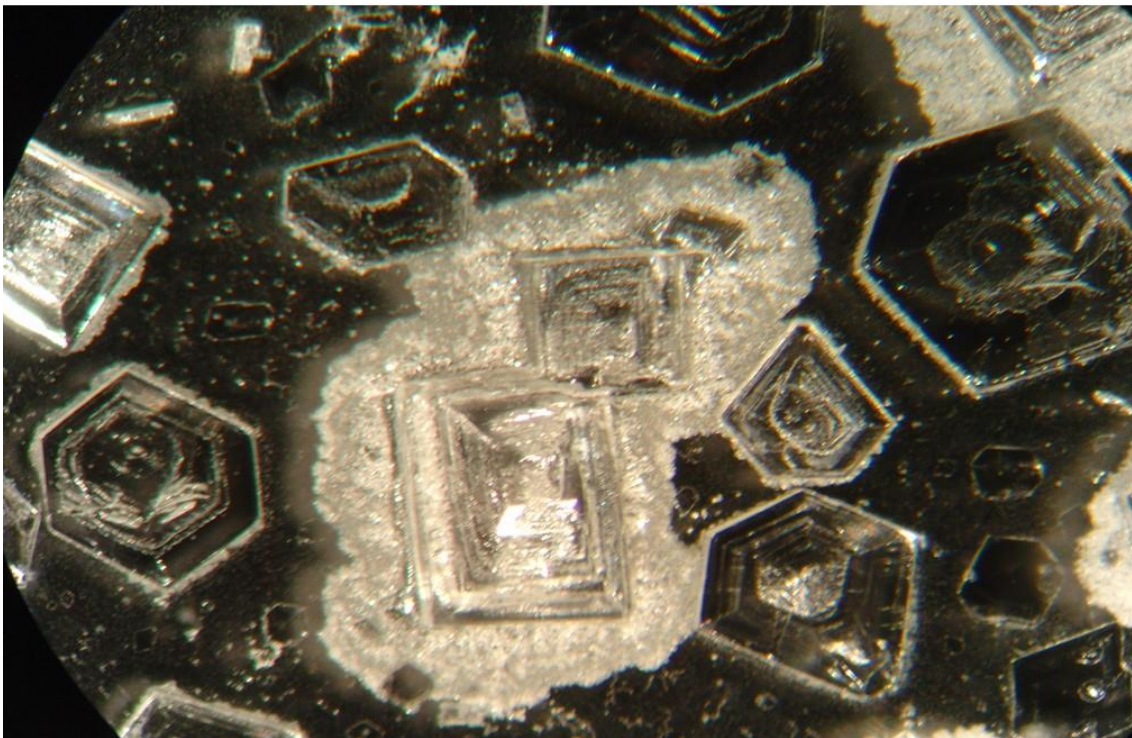
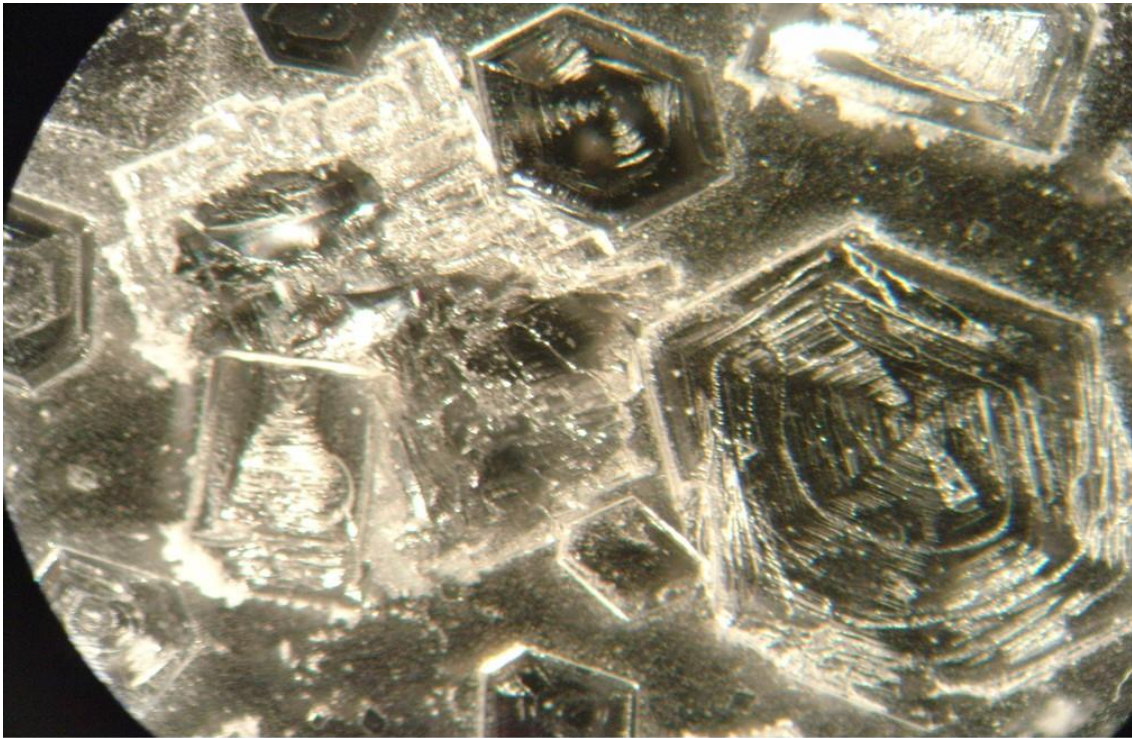
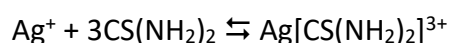
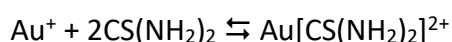


Figura 3 – Cristais moleculares de tiourea, lupa estereoscópica, com diferentes hábitos cristalinos, 20x. Ao centro aparece um cristal com oclusão de solvente, formando um defeito cristalino, *hourglass*, em forma de ampulheta, rodeado por microcristais numa mancha esbranquiçada [5].

A preparação desta substância é feita por aquecimento de solução de tiocianato de amônio (NH_4SCN) concentrado em presença de dissulfureto de carbono (CS_2). Este

composto tem muitas aplicações: aditivo orgânico para melhorar a qualidade do cobre em processos de refinação eletrolítica, aditivo para aumentar a resistência ao fogo do Nylon, inibidor do branqueamento e/ou amarelecimento da lã quando exposta à luz solar. Uma das propriedades da tioureia é o seu poder de atuar como complexante de ouro e de prata em soluções aquosas, como se mostra nas reações a seguir [5].



Uma outra aplicação da tioureia, a que mais nos interessa neste contexto, são as soluções comerciais líquidas de limpeza de prata por imersão, das quais este composto faz parte, juntamente com outras substâncias e surfactantes, Figs. 4,5. Desconhece-se a composição química destes preparados que começaram a ser usados de forma sistemática em demonstrações laboratoriais desde 2007 [24] permitem produzir cristais belíssimos, com uma grande variedade de hábitos cristalinos, alguns deles com defeitos de oclusão molecular de solvente (água) formando as famosas figuras ampulheta (cristais *hourglass*), Figs. 4,5 [7,9,23].

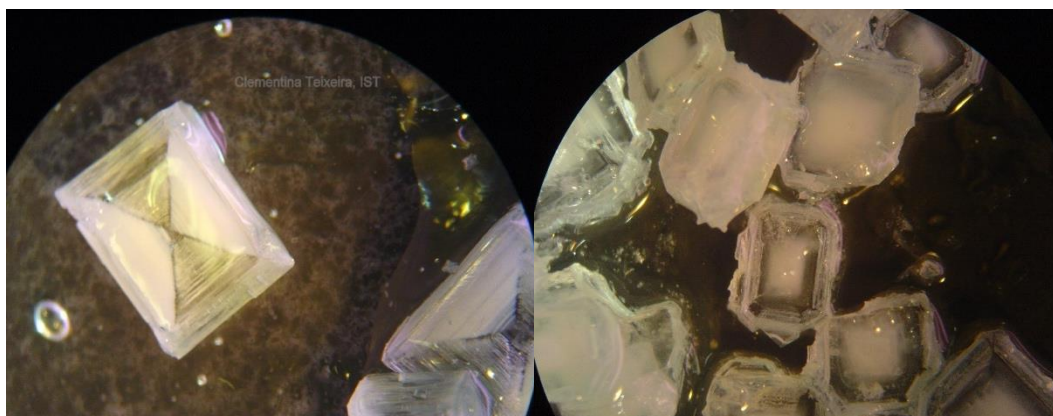


Figura 4 – Fotomicrografias dos primeiros cristais *hourglass* de limpa-pratas com tioureia que foram obtidos em laboratório em aulas de Química Geral e Química Inorgânica, a título de demonstração. A observação à lupa estereoscópica foi de 10x (graduação do parafuso micrométrico). O fascínio pela obra de Michael Davidson no site Molecular Expressions® estava então no auge, com as suas micropaisagens, micscapes, microscapes, feitas, principalmente, com luz polarizada. Porém a luz polarizada não estava ainda disponível no Laboratório naquela altura. Deste conjunto de imagens, algumas foram apresentadas num Congresso da SPQ, como se vê pelo resumo então apresentado, Figura 5. As imagens obtidas com iluminação sem polarização da luz permitem interpretar com mais facilidade a química envolvida nestes processos e são mais parecidas com a realidade dos testes feitos em tubo de ensaio, cristalizador ou lamela de vidro.

MICROSCOPIA QUÍMICA E CRISTAIS: UMA REVOLUÇÃO CULTURAL EM CURSO

Clementina Teixeira*

Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1049-001 Lisboa

*clementina@ist.utl.pt

Micrositeseeing: palavra sugerida para a pesquisa de sites de microscopia na Web. A par de estudos em áreas especializadas, como são a Química Forense, a caracterização de materiais (polímeros, compósitos, surfactantes) a Petrologia (estudo de minerais, rochas, meteoritos), a microbiologia, a medicina, a engenharia de cristais, cada vez aumenta mais a associação das técnicas microscópicas ao ensino lúdico em clubes de ciência e às artes, podendo já afirmar-se que existe uma revolução cultural em curso. Novas palavras surgem tais como *micscapes*, *microscapes*, *bioscapes*, *expressions* e *impressions*, associadas, principalmente, à fotomicrografia de luz polarizada. Pretende-se nesta comunicação apresentar as potencialidades da microscopia química de Chamot e Mason no campo do crescimento de cristais e estudo de reacções químicas, salientando o seu papel de relevância no ensino da Química e a sua possível ligação a indústrias que possam explorar a sua componente estética.

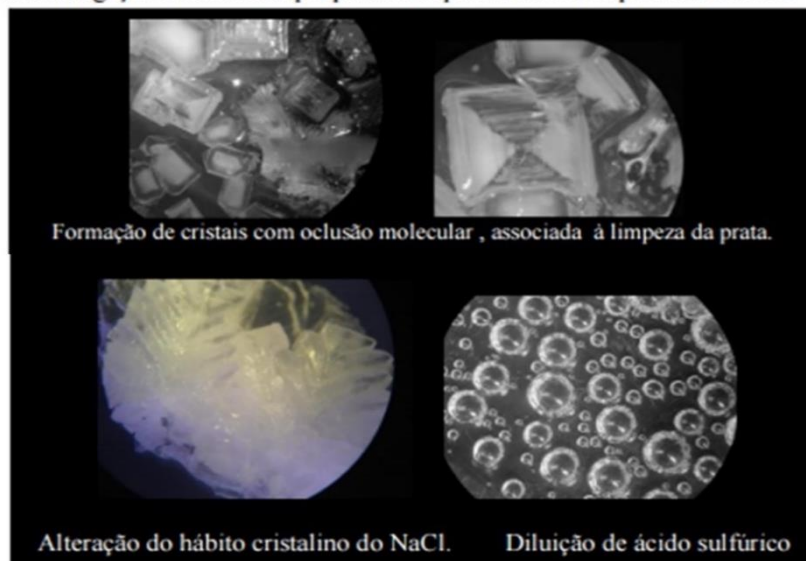


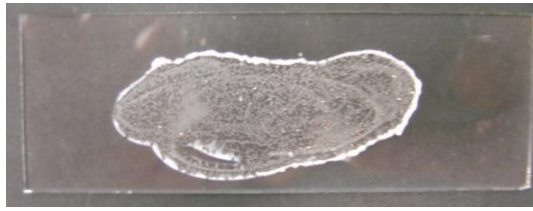
Figura 1. Microscopia Química: estudo de reacções e formação de cristais.

Financiamento FCT e Projecto Ciência Viva, CV/VI/ID976.

Figura 5 – Resumo de uma apresentação em Poster de congresso, sobre microscopia química, estudo de reacções e cristalizações à lupa estereoscópica [23]. Cristais *hourglass* formados a partir de uma solução de limpa-pratas com tioureia em cima (2007, Fig.4). Ampliação de 10x (esq.) e 20x (dir.). A solução não esteve em contacto com a prata.

Estas experiências começaram por um acaso (feliz!), durante a limpeza da prata em casa. Com efeito, algumas gotas da solução já utilizada caíram sobre uma superfície metálica (alumínio) revelando a imediata formação de dendrites, visíveis a olho nú, o que é um sinal muito promissor em relação à formação de cristais. Depois disso foi feita a evaporação de algumas gotas dessa solução em lamela de vidro, em repouso, o que revelou belíssimas dendrites e pequenos cristais à lupa estereoscópica com ampliação elevada (63x, 126x), com resultados semelhantes aos da Fig. 6 [9]. As experiências que então se fizeram podem ser analisadas em pormenor nos cartazes dedicados à Química da prata, na Exposição de microscopia aplicada “Artesãos do Século XXI”, “o microscópio descobre a prata” [9-11]. Presentemente estas experiências passaram a ser feitas em cristalizador ou placa de Petri, Figs. 7-10, usando maiores quantidades de solução, levando à formação de micropaisagens lindíssimas: basta para isso verter o líquido num cristalizador ou placa de Petri e deixar evaporar em repouso, a uma temperatura entre 5 e 7 °C, em local bem ventilado, pois o preparado é tóxico e há suspeita de que possa ser carcinogénico por exposição continuada, pelo que se deve consultar o rótulo e instruções da embalagem (existem muitas marcas no mercado de produtos de ourivesaria). Fizeram-se experiências antes e depois do contacto com prata enegrecida com patine, Ag_2S , mas não se chegou a qualquer conclusão sobre a composição da mistura.

As soluções usadas na limpeza revelam por vezes uma coloração esverdeada, Fig. 11 e também formam cristais com diferentes hábitos. Devido à presença do detergente, as preparações no final mostram-se em geral pegajosas e os cristais aparecem cobertos com uma massa gelatinosa, Fig. 7. Seria interessante investigar se a complexação da prata (vide equação química na página 5) está relacionada com a capacidade de remover a patine de sulfureto de prata que a escurece. Durante a limpeza da prata, com estes preparados, libertam-se gases com o odor característico do sulfureto de hidrogénio pelo que a limpeza deve sempre ser feita em local bem ventilado ou debaixo de um exaustor. Nas Figuras seguintes mostram-se diversas fases da cristalização destes preparados. Na rede social *Facebook* encontram-se também muitos exemplos destas experiências [25].



Limpa-pratas usado. A evaporação em lamela é muito rápida, com formação de cristais mais pequenos.

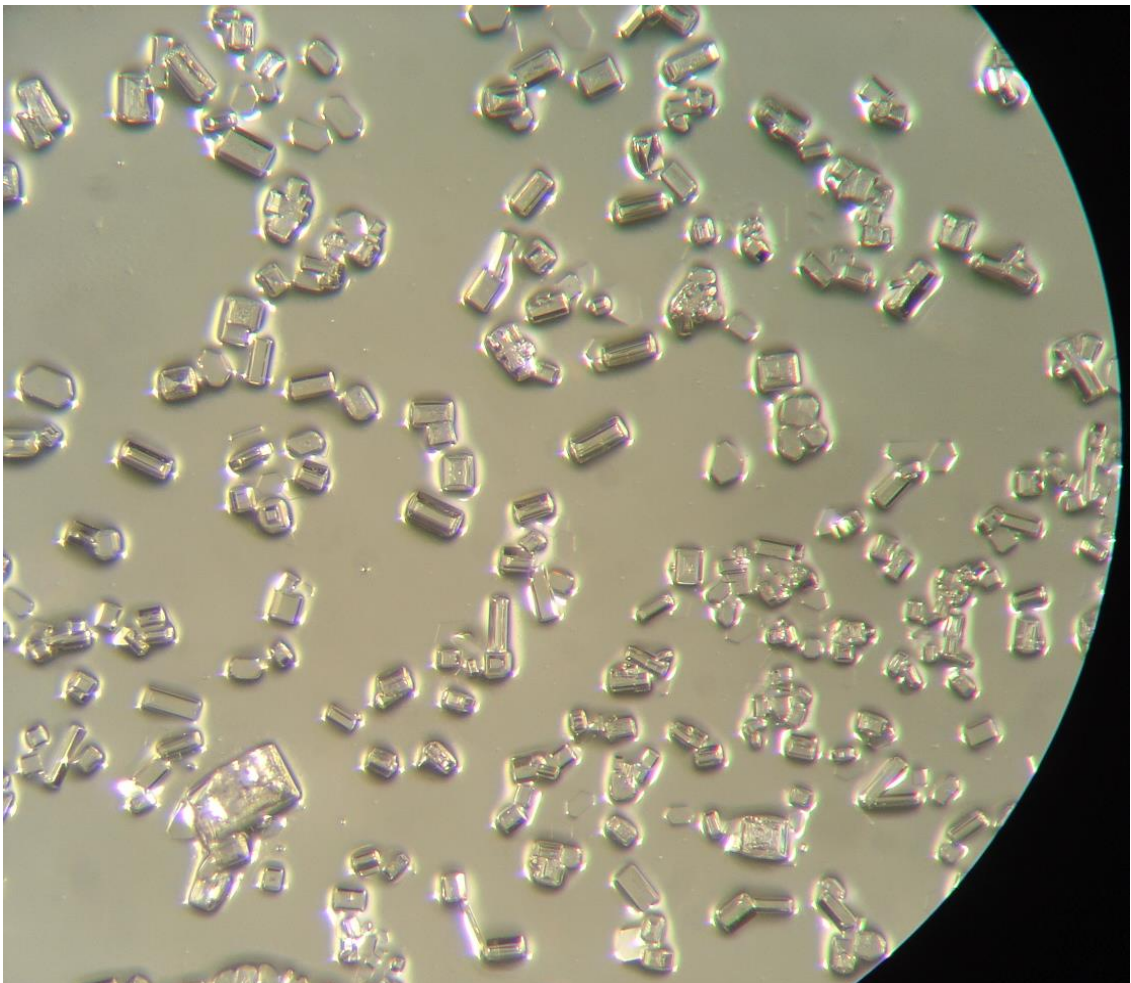
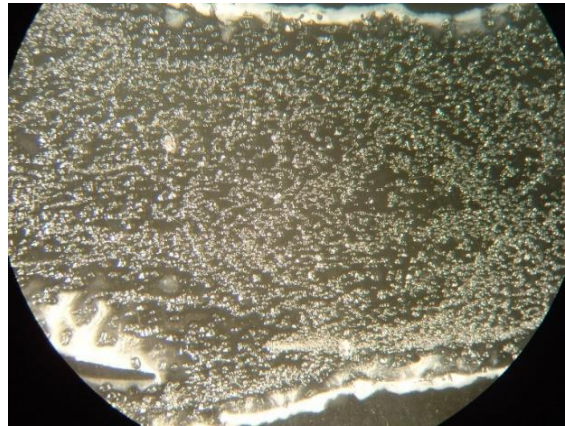


Figura 6 – Limpa-pratas usado na limpeza de vários objetos de prata, com formação de pequenos cristais por evaporação rápida em lamela de vidro. Várias ampliações. Ver também a refs. 9,10, onde se conta a história toda das experiências com este reagente, desde as primeiras feitas em lamelas de vidro.

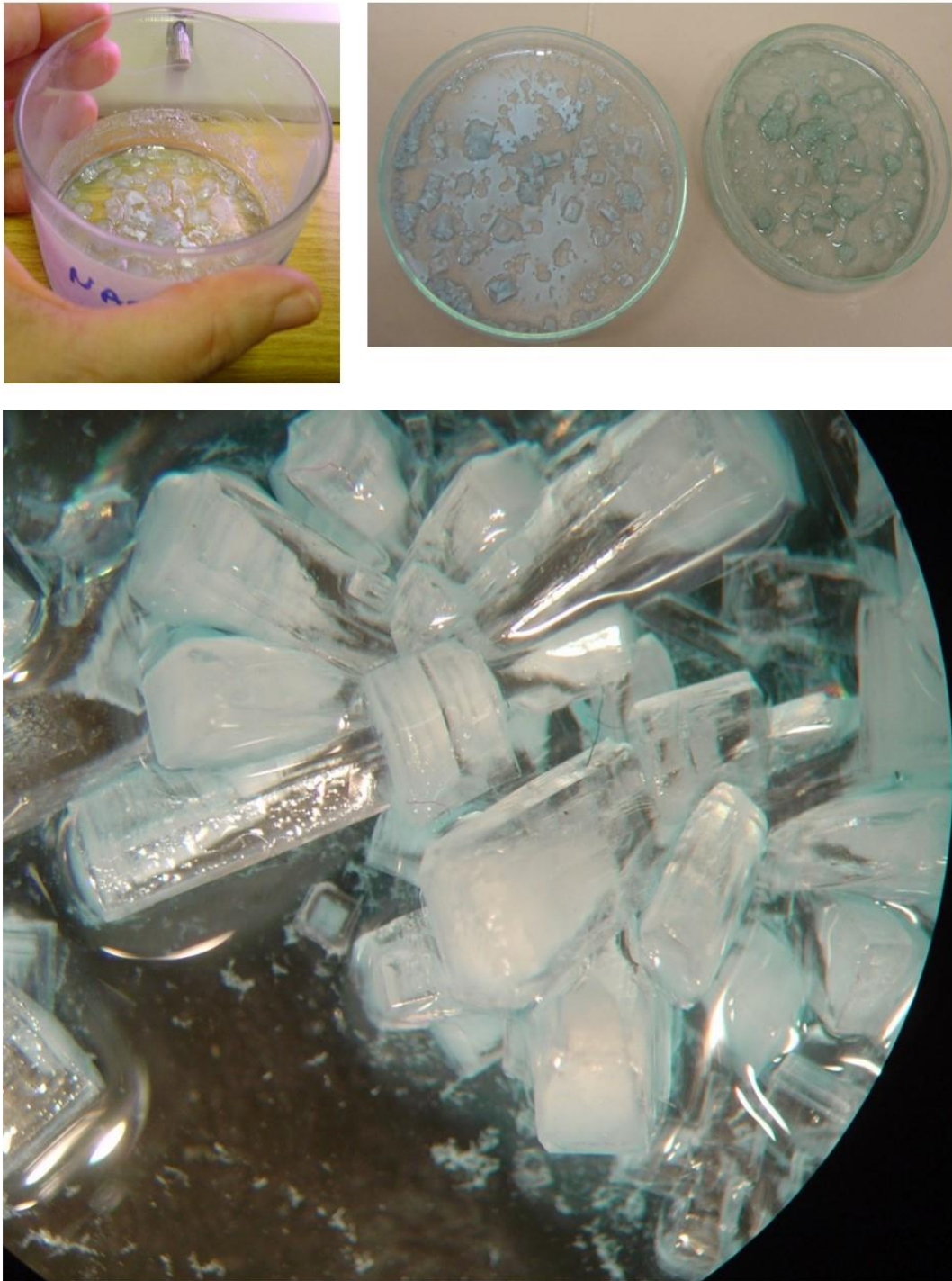


Figura 7 – Experiências com solução de limpeza de prata com tioureia em cristalizadores e placas de Petri antes de ser utilizada. Em baixo, cristais com oclusão de solvente e aspecto gelatinoso vistos à lupa estereoscópica, 10x.

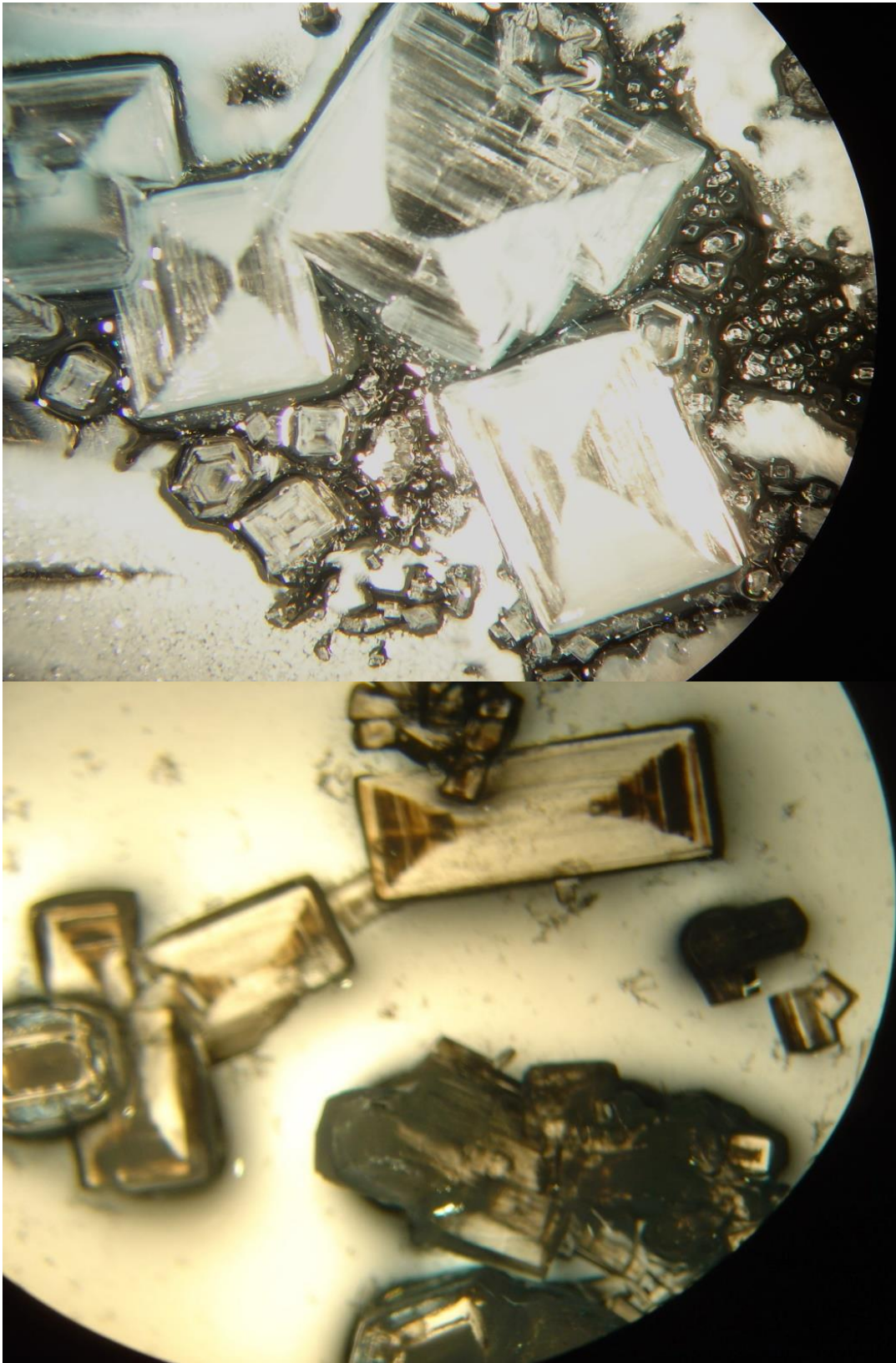


Figura 8 – Cristais *hourglass* formados a partir de uma solução de limpa-pratas sem contacto com a prata enegrecida. Ampliação de 20x, em cima e de 10x em baixo. A coloração depende bastante do tipo de iluminador da lupa. Com luz natural predomina um tom azulado nas preparações.

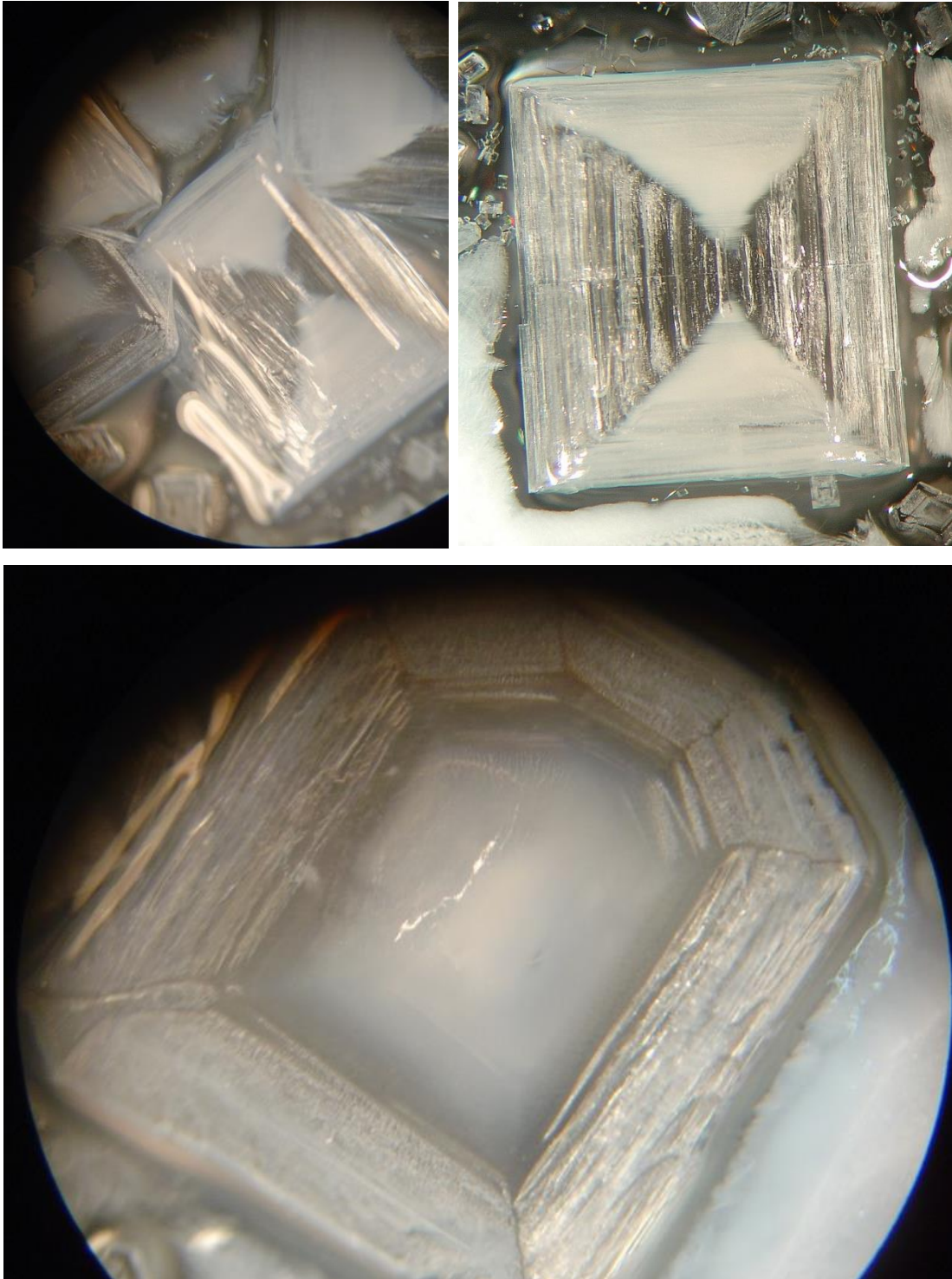


Figura 9 – Cristais *hourglass* e outros, formados a partir de uma solução de limpa-pratas sem contacto com a prata enegrecida. Ampliação de 30x.

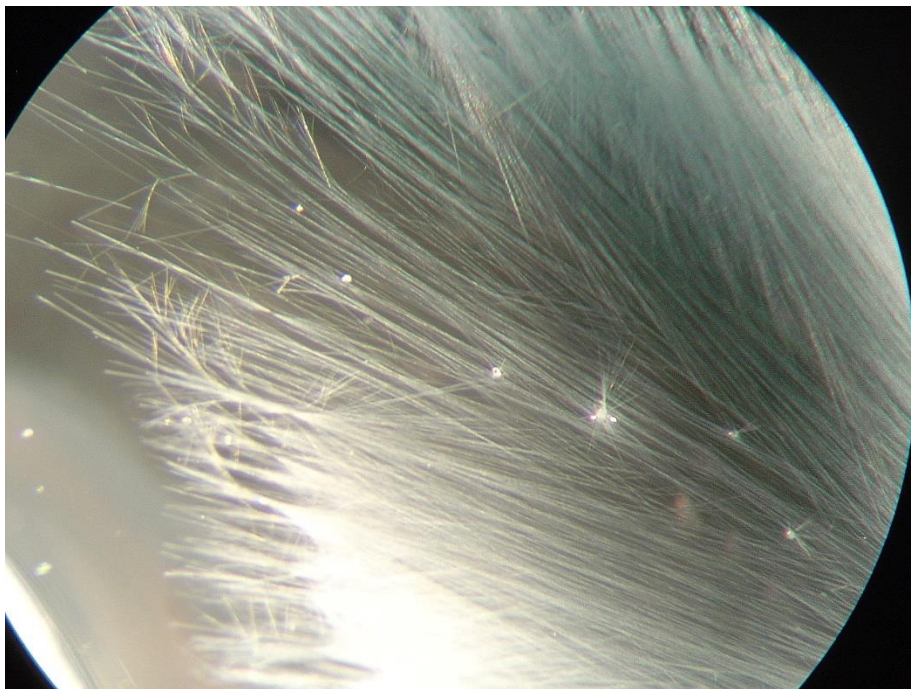
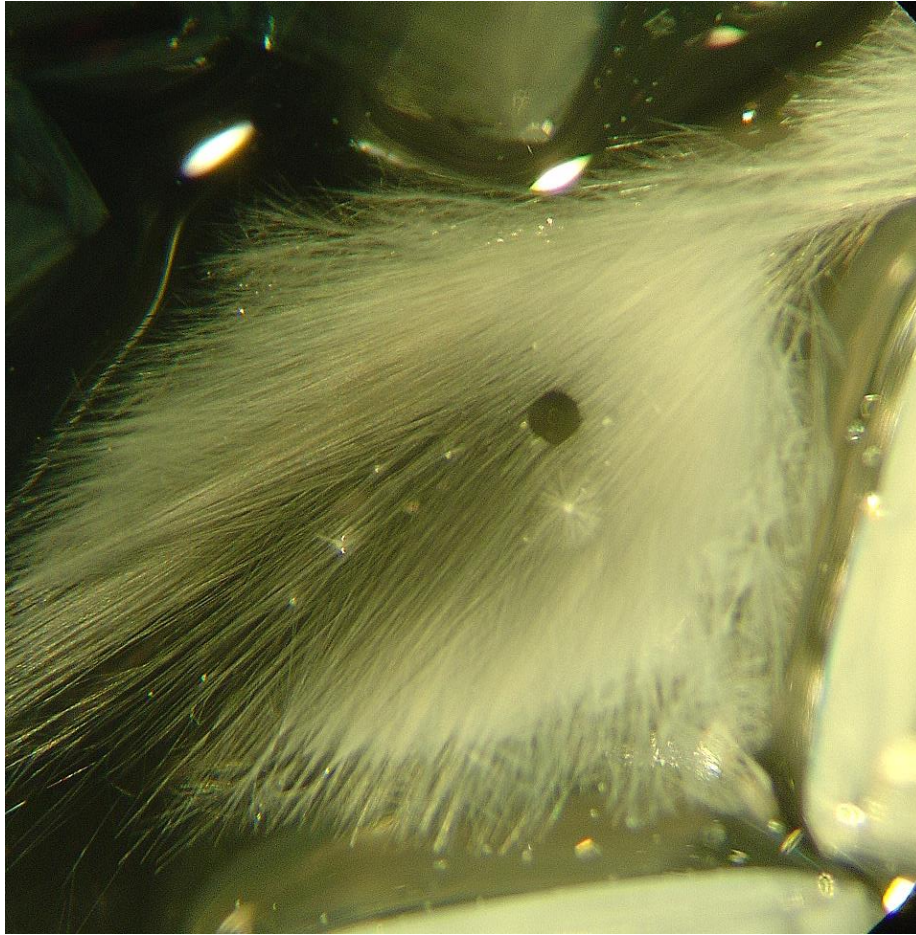


Figura 10 – Cristais formados a partir de uma solução de limpa-pratas sem contacto com a prata enegrecida. Ampliação de 30x, em cima, em baixo, 63x. O aparecimento de cristais aciculares pode estar relacionado com a agitação (involuntária) dos recipientes de cristalização.

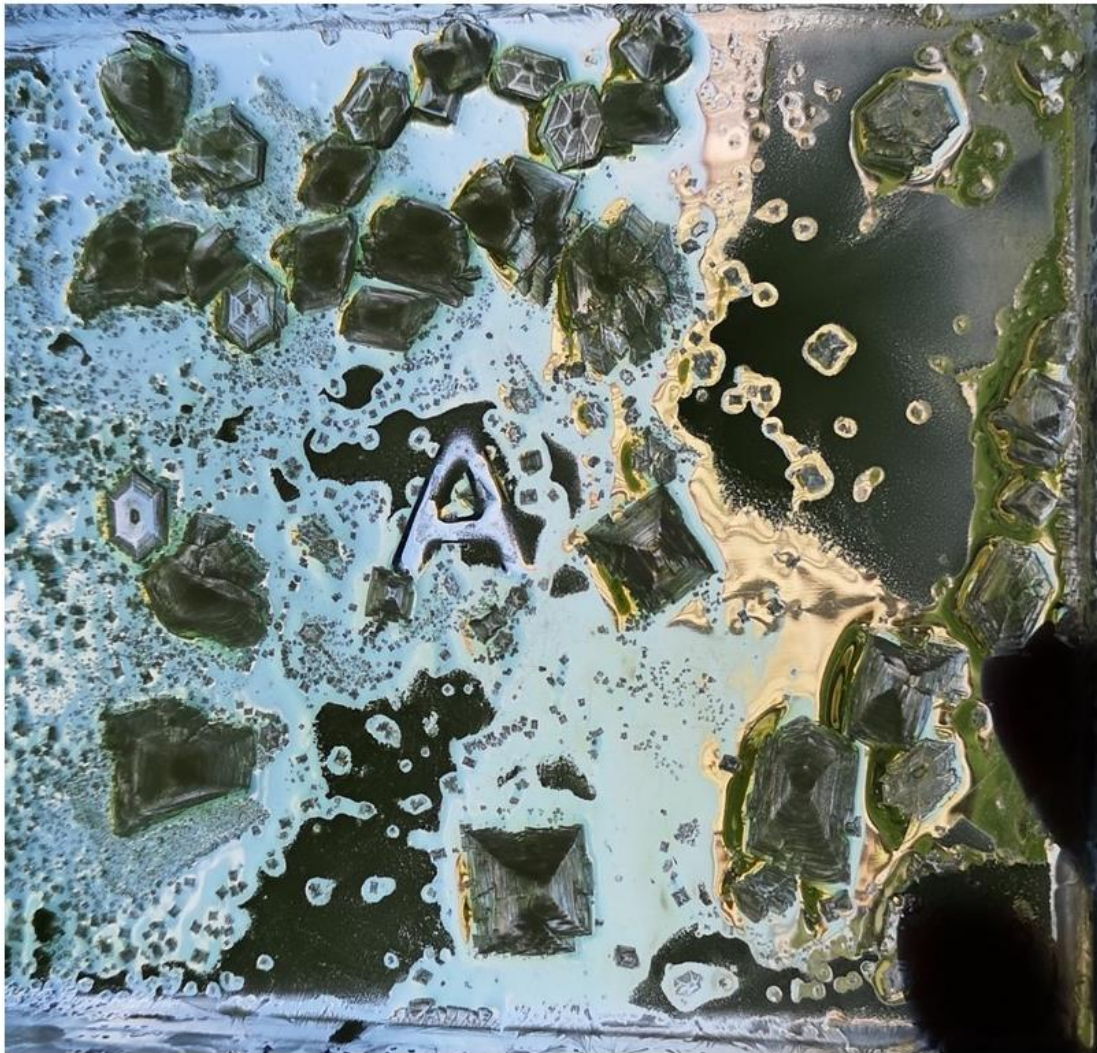
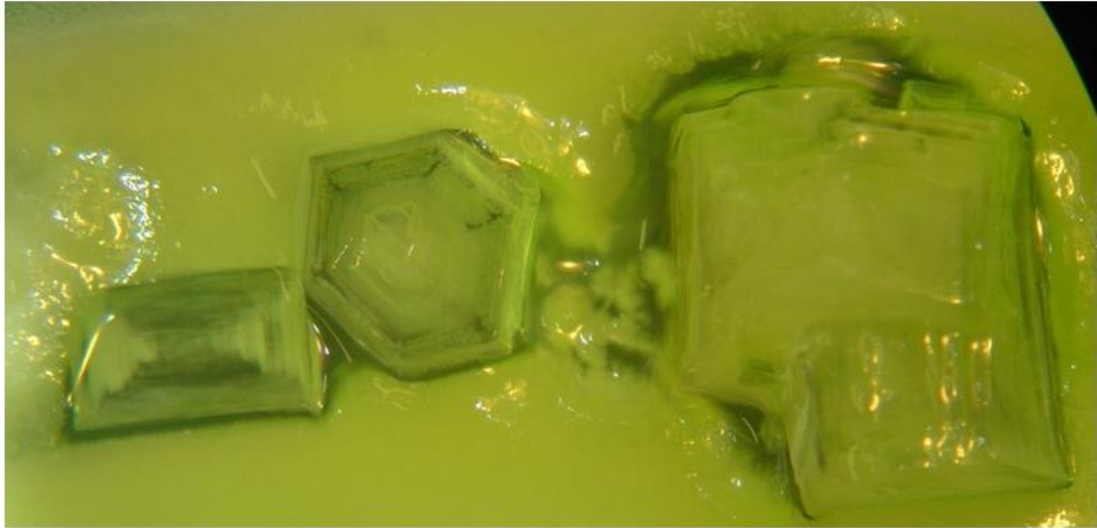


Figura 11 – Cristais formados a partir de soluções de limpa-pratas que foram usadas na limpeza de objetos de prata e de casquinha. Ampliação de 10x, em cima; em baixo, foto macro. O resíduo é gelatinoso e a coloração é esverdeada. Poderão estar presentes outros metais além da prata, por exemplo, o cobre, que faz parte das ligas de prata de lei. Alguns dos cristais hexagonais, na imagem de baixo, podem ser de tioureia, vide Figs. 2,3.

5.2. Cristais químicos de prata

A parte mais interessante do estudo da prata no presente contexto de observação à lupa estereoscópica é a sua formação em cristais dendríticos, fractais, as conhecidas “árvores” de prata, a partir de reações de oxidação-redução de deslocamento de metal, usando o sal nitrato em solução aquosa, como oxidante, em contacto com vários metais redutores da série electroquímica (para o cobre como redutor *vide* os exemplos das Figs. 12,13). Estas experiências são clássicos da Química, Ciência dos Materiais e Geologia, as grandes árvores de prata que nas escolas são apresentadas em copos de precipitação ou Erlenmeyers onde arame de cobre, assumindo diversas formas, aparece coberto de lindos cristais prateados. Porém, feitas à lupa estereoscópica, estas experiências são de uma beleza ainda mais extraordinária e muito mais económicas e menos perigosas, atendendo ao preço e toxicidade do nitrato de prata. Até conseguir boas fotomicrografias o percurso foi muito longo [26], e ao olhar para trás, nem dá vontade de publicar aqui as suas várias etapas, que em 2008 foram integradas em páginas WEB do IST, dedicadas à microscopia química [27] e com algumas das fotomicrografias publicadas em artigos [12]. O estudo de reações à lupa, a microscopia química da prata [11] não foi, porém, incluído na parte experimental do evento ligado a esta publicação [1,2] para evitar a manipulação de reagentes perigosos em operações mais difíceis de controlar face ao número elevado de participantes, mais de 1500 [1] e também porque a oferta de amostras era muito grande. Mesmo assim, foram divulgadas algumas fotomicrografias/montagens que tinham sido produzidas no ano anterior (Ano Internacional da Tabela Periódica 2019) que serão aqui apresentadas. Na Fig. 12 incluiu-se uma das primeiras fotomicrografias feitas com fractais de prata, e na Fig. 13, a mesma reação foi feita com nitrato de prata num disco de cobre, obtendo-se uma série de fotomicrografias que permitiram fabricar diversos padrões decorativos obtidos por simetria de reflexão e rotação. Estes padrões foram integrados na Exposição Artesãos do Século XXI como proposta para imprimir em almofadas para rato, um exemplo que será tratado adiante. Ao prolongar o tempo de observação nestas reações, à medida que a água da solução de nitrato vai evaporando, vão ocorrendo reações de dismutação secundárias que dão origem à formação de dendrites de cobre e à precipitação de cristais de compostos de cobre azul-esverdeados. O estudo da composição desses cristais ainda não foi feito, mas não é indiferente utilizar um disco de cobre ou uma moeda, pois a moeda contém outros metais em liga que vão interferir no processo, nomeadamente o níquel.

A MICROSCOPIA QUÍMICA ASSOCIADA AO ESTUDO DA SÉRIE ELECTROQUÍMICA DOS METAIS

Hermínio Diogo^{a*}, Manuel E. Minas da Piedade^b, Clementina Teixeira^{a*}

^a*Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1049-001 Lisboa, Portugal*

^b*Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 1749-016 Lisboa, Portugal*

[*hdiogo@ist.utl.pt](mailto:hdiogo@ist.utl.pt) (electroquímica); clementina@ist.utl.pt (microscopia química)

A Microscopia Química, explorada ao nível do ensino, permite uma abordagem muito apelativa das reacções de oxidação-redução, pelo menos do ponto de vista qualitativo. Com ampliações até 15× é possível, para além disso, obter informação sobre reacções paralelas e, ao mesmo tempo, registar em forma de fotomicrografia e filme, padrões susceptíveis de serem utilizados para aplicações comerciais e industriais (indústria têxtil, papel, plásticos, artes gráficas, antiguidades, ourivesaria, etc). A série electroquímica dos metais foi estudada por este método, conjugando-a com a interpretação de diagramas de Latimer e de Frost, E -pH, e com a determinação experimental das forças electromotrizes padrão de redução pela equação de Nernst, constantes de equilíbrio termodinâmica e estequiométrica, tendo em conta os desvios à idealidade (determinação de coeficientes de actividade). Foram estudadas células galvânicas de concentração, composição e precipitação, para os metais Cu, Ag, Zn e Pb. Foram ainda discutidos conceitos de química descritiva envolvendo metais e ligas metálicas, electrólise, sobretensão, corrosão, ânodos sacrificiais de Mg, estanhagem e zincagem, etc. (programas de Química do ensino secundário).

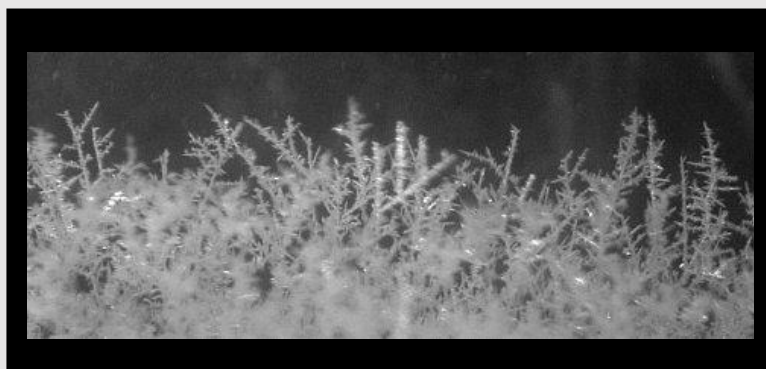


Figura 1. Microscopia Química: sistema Cu/AgNO₃, “árvores metálicas” (cristais dendríticos de prata, disco de cobre em solução de nitrato de prata).

[1] C. Teixeira, V. André, N. Lourenço, M. J. Rodrigues, *Ciência e Tecnologia dos Materiais* 19, nº1-2 (2007) 66.

[2] H. Diogo, M.E. Minas da Piedade, *Estudo de Células Galvânicas*, IST (2004).

[3] Financiamento FCT e Projecto Ciência Viva, CV/VI/ID976.

Figura 12 – Resumo de uma antiga apresentação em conferência [28], centrada nas reacções de oxidação-redução de vários metais atuando como redutores, em contacto com soluções de sais muito solúveis de outros metais, no papel de oxidantes, formando pares redox, como é o caso do cobre metálico em contacto com uma solução de nitrato de prata, jogando com os respetivos potenciais padrão de redução, $Cu(c)/Ag^+(aq)$. A formação de fractais de prata é rápida, aqui vistos à lupa estereoscópica com ampliação de 10x.

Electric Dreams

Clementina Teixeira,¹ Maria da Conceição Oliveira, Erik C.P. Benedicto

¹Centro de Química Estrutural, Departamento de Engenharia Química e Biológica do Instituto Superior Técnico
clementina@ist.utl.pt

Following the approach of chemical microscopy, a series of reduction-oxidation reactions were studied, using a Nikon™ optical stereomicroscope and a digital camera Sony™. The photomicrographs obtained with amplifications ranging from 10 up to 126x enabled a better understanding of these reactions and were used to create decorative patterns, named “Chemical patterns”. A nice collection of items was created the “IST Microfashion 2010”. Some examples are given below.

Figure 1. Growth of dendritic silver crystals from the reaction of copper with a silver nitrate 0.1 M solution.



Figure 2. Growth of dendritic lead crystals from the reaction of zinc with lead nitrate 0.1 M solution.



Acknowledgments: Ciência Viva projects and MCT funding programs.

References

[1] Teixeira, C. *Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 2007, 107, 18.

Figura 13 – Resumo de uma antiga apresentação em conferência, com reações de deslocamento da prata, sistema nitrato de prata em contacto com uma placa de cobre metálico, em cima. Padrões decorativos construídos por simetria de reflexão e rotação. Em baixo, fractais de chumbo formando uma máscara de dragão, discutida no poster deste trabalho [13].

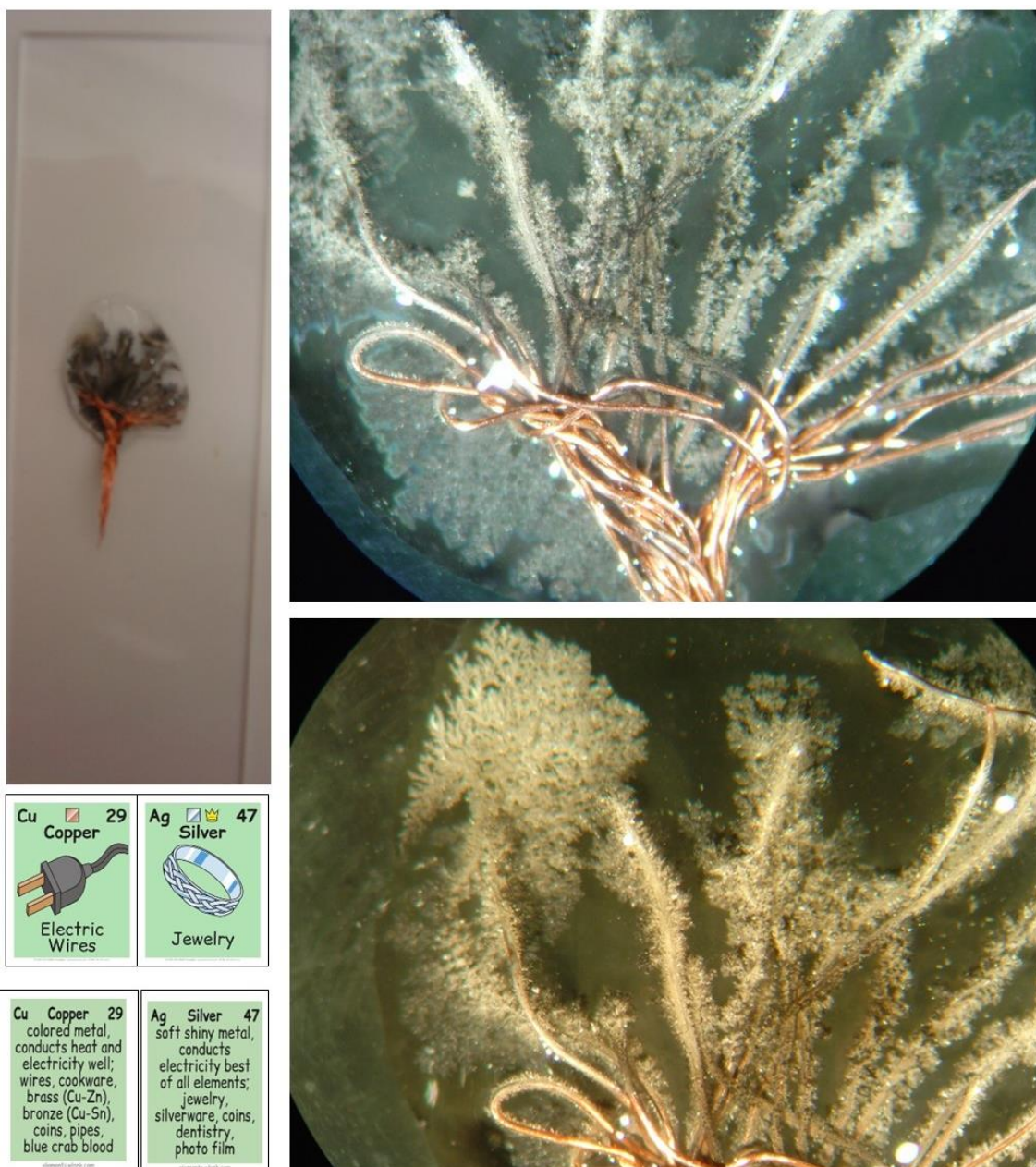


Figura 14 – “Árvore” de metal feita com criatividade com um fio de cobre enrolado para simular o tronco e ramos, cobertos por cristais dendríticos de prata, fractais, depois da reação com apenas algumas gotas de solução de nitrato de prata. Imagens ampliadas à lupa estereoscópica, 20x. A coloração diferente nas duas fotomicrografias resulta da iluminação utilizada. O cobre é o redutor, oxidando-se a Cu^+ e Cu^{2+} , e a prata Ag^+ é o oxidante, reduzindo-se a prata metálica. Esta reação não é simples, podendo ocorrer reações secundárias de dismutação de Cu^+ e foi discutida em vários trabalhos anteriores [5,15]. As fichas da Tabela Periódica de Keith Enevoldsen, com os dois elementos principais destas reacções foram acrescentadas [6].

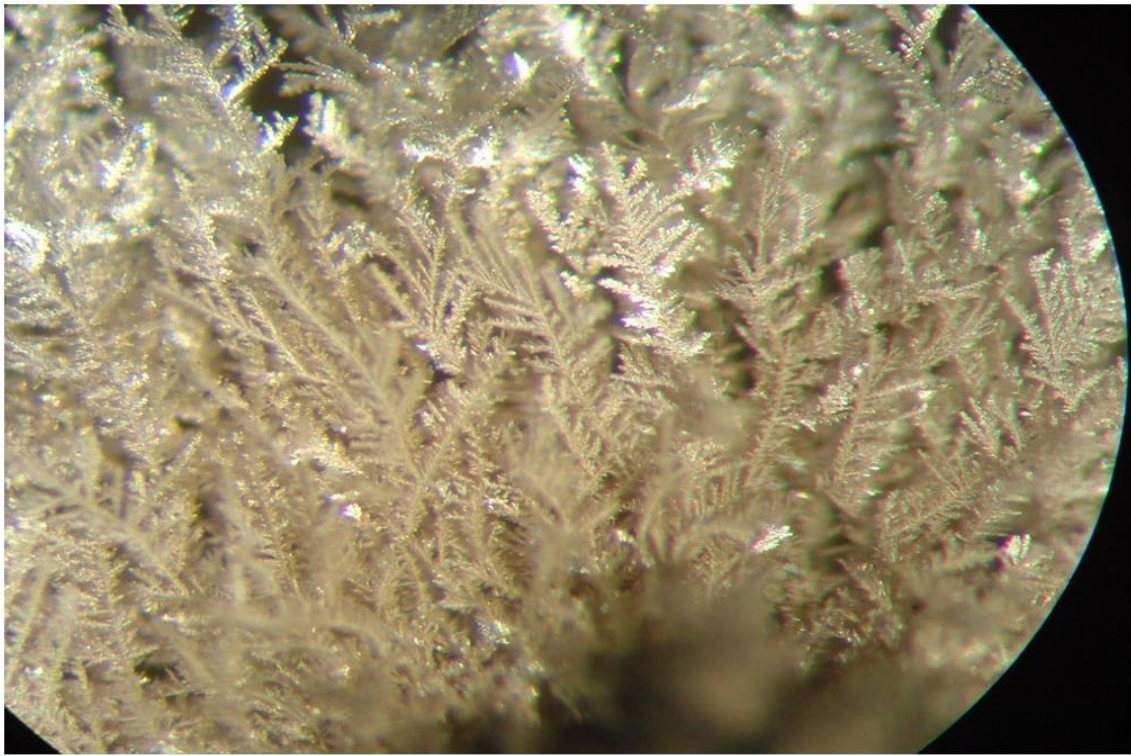


Figura 15 – “Árvores” de prata, reação de disco de cobre com nitrato de prata 0.1 M, lupa estereoscópica, 63x. Com o tempo, começam-se a dar reações secundárias, com formação de “verdete”, precipitação de compostos de Cu^{2+} e “árvores” de cobre metálico, vide o resultado final nas Figs. 16,17.



Figura 16 – Ao fim de algum tempo (*vide* Figs. 17,18), começam a precipitar cristais de compostos de cobre (2+) de cor entre o azul e o esverdeado sobre os fractais de prata formados (em cima). Na fotomicrografia de baixo, nas mesmas reações, começam a formar-se fractais de cobre metálico, “árvores”, devidas à dismutação de Cu^+ em Cu^{2+} e Cu . Lupa estereoscópica, 126x [6,29].

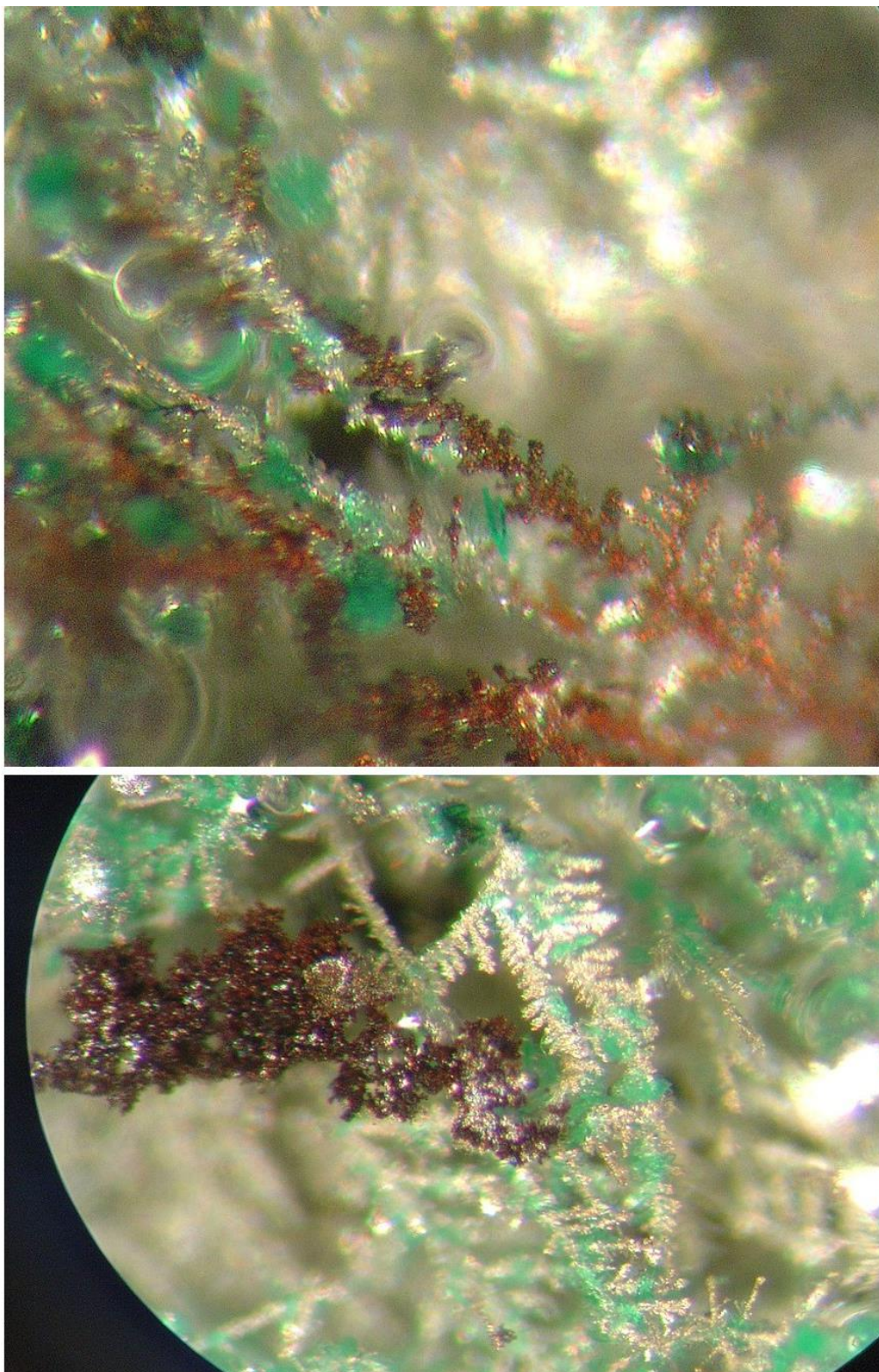


Figura 17 – Ao fim de algum tempo (*vide* Figs. 16,18), começam a precipitar cristais de compostos de cobre (2+) de cor entre o azul e o esverdeado sobre os fractais de prata formados (em cima). Na fotomicrografia de baixo, nas mesmas reações, começam a formar-se fractais de cobre metálico, “árvores”, devidas à dismutação de Cu^+ em Cu^{2+} e Cu . Lupa estereoscópica, 126x [6,29].

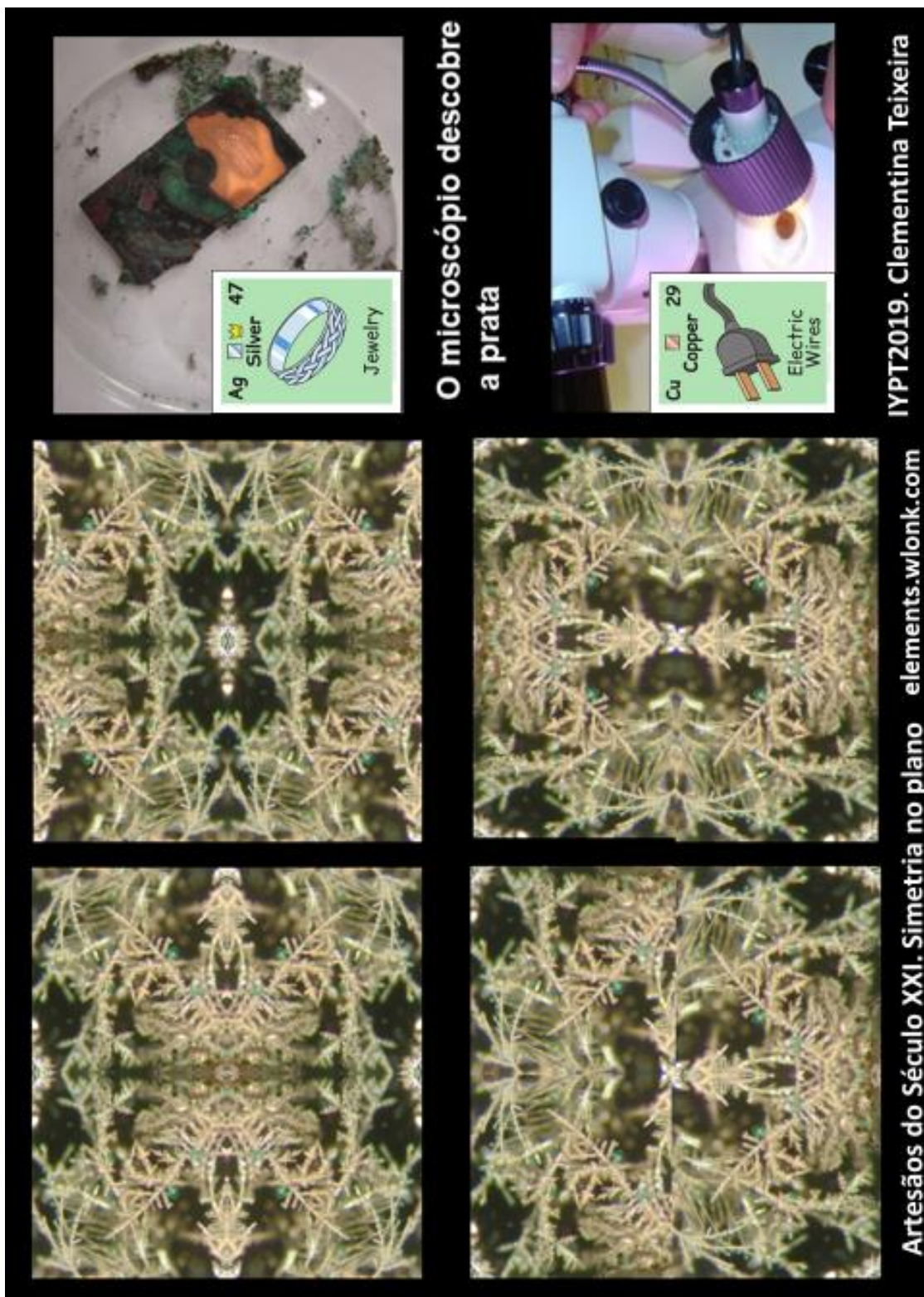


Figura 18 – Exemplo de uma ficha em exposição nos Laboratórios Abertos 2019 e 2020 do DEQ/IST, com as reações do nitrato de prata (algumas gotas) com placa de cobre, formando fractais de prata e depois verdete. Observação à lupa estereoscópica. Fichas dos dois elementos de Keith Enevoldsen, Ag e Cu que participam na reação redox. Trabalhos de simetria feitos a partir das fotomicrografias da reacção (Artesãos do Século XXI, 2009) [6,11,29].

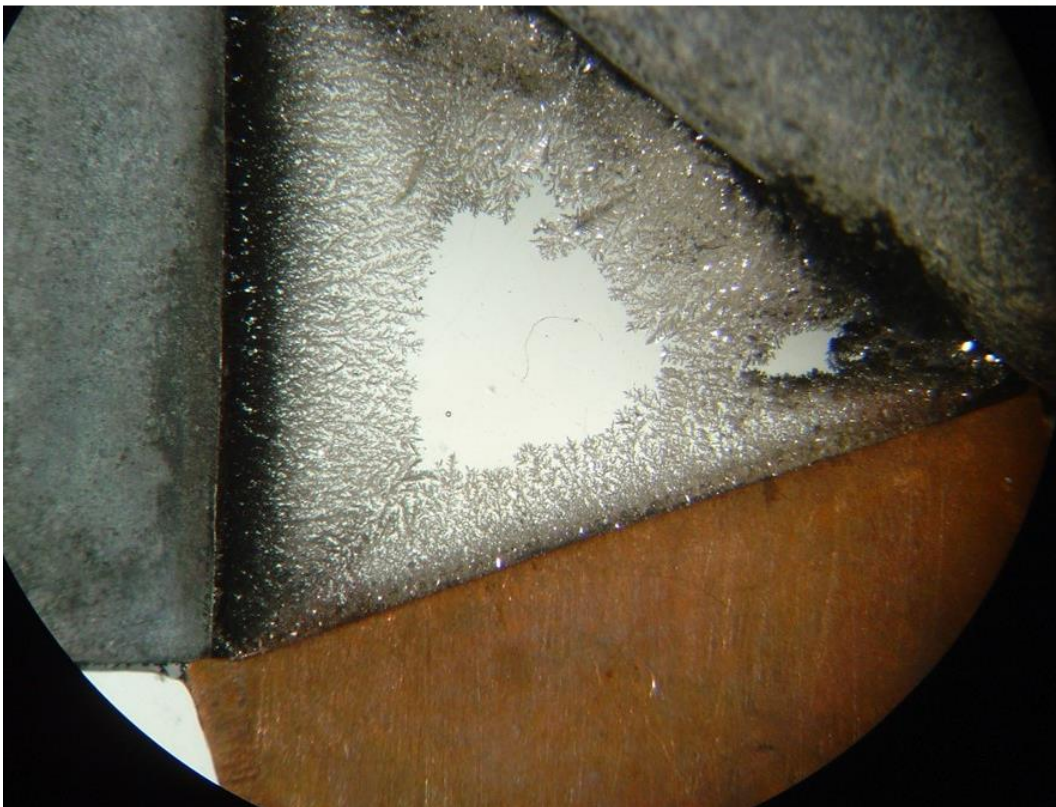
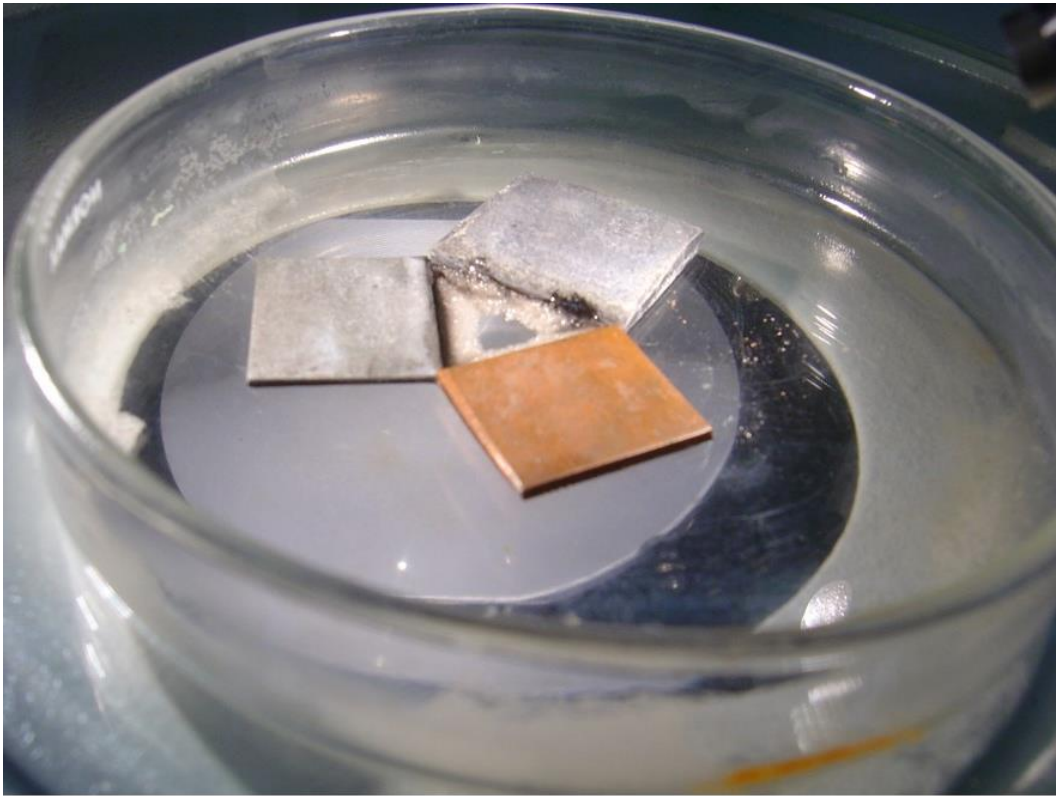


Figura 19 – Placas de cobre, chumbo e zinco, com algumas gotas de solução de nitrato de prata. Os três metais actuam como redutores, deslocando a prata que forma fractais, cristais dendríticos. Em baixo, fotomicrografia à lupa estereoscópica, 10x. Para outra ampliação, da mesma reacção ver a figura seguinte.

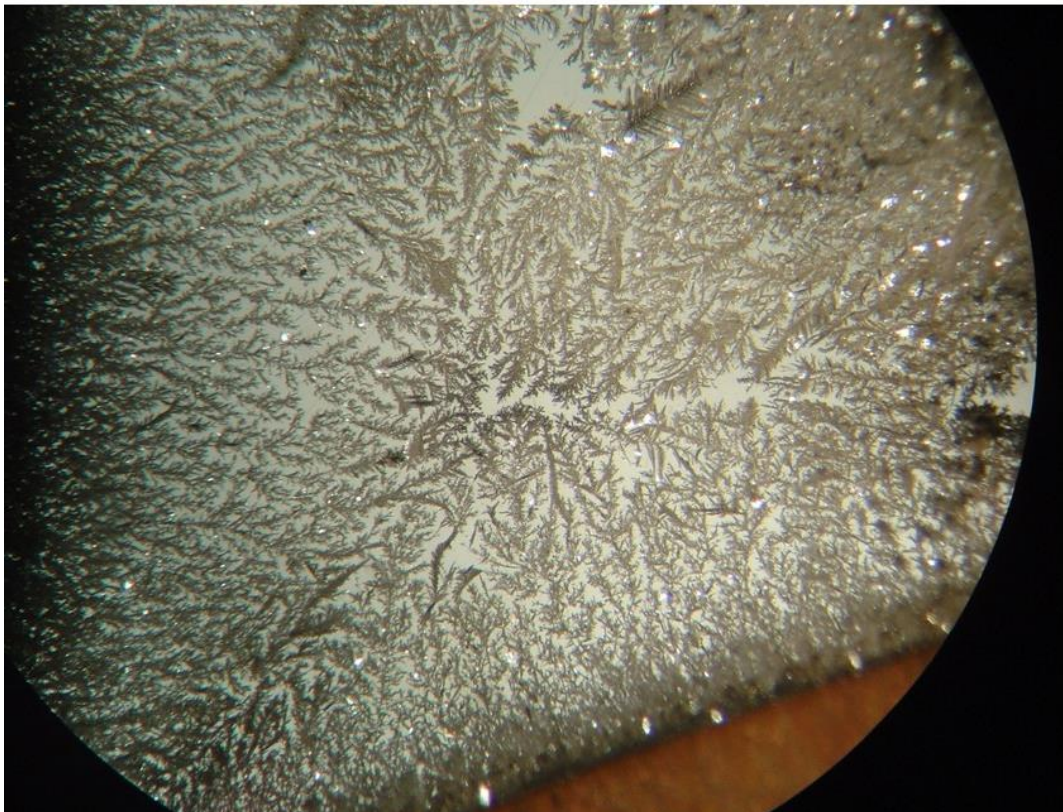
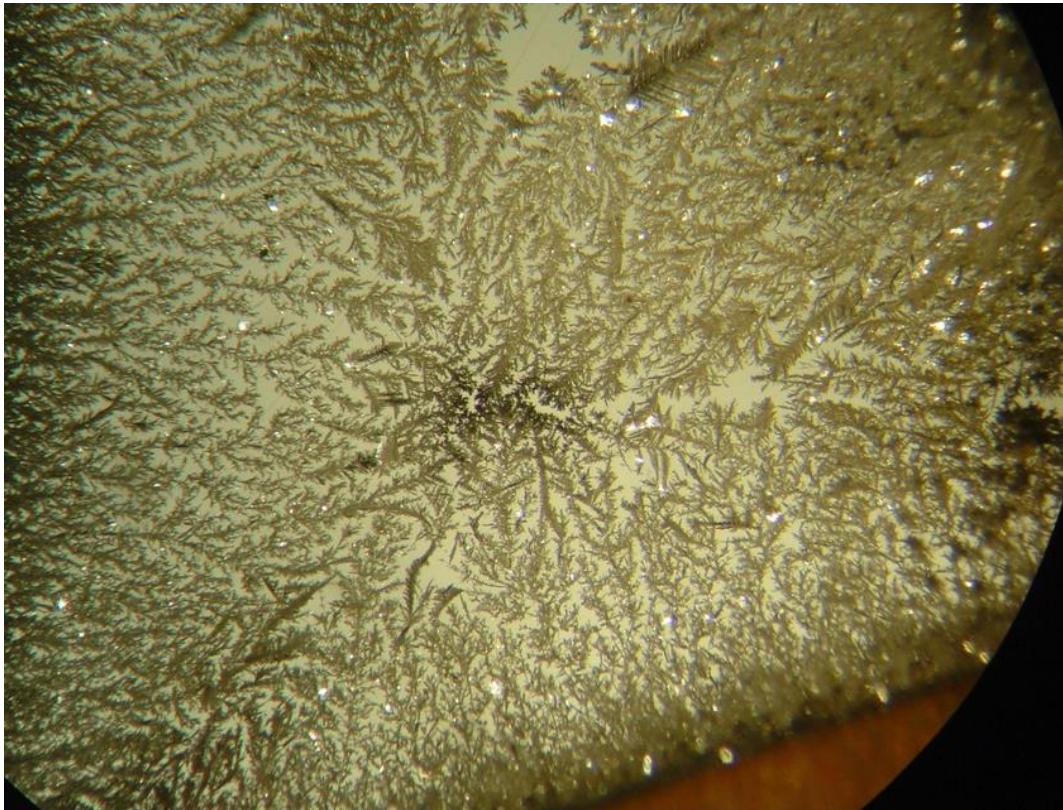


Figura 20 – Cristais dendríticos de prata à lupa estereoscópica, formados na experiência da Fig. 19. Com metais Cu, Pb e Zn. Tonalidades diferentes provocadas por variação da iluminação.

As reações redox da prata com outros metais, além do cobre podem conduzir a alguns resultados análogos, vide, Figs. 19,20, mas serão discutidas noutros capítulos, envolvendo a aplicação de diagramas de Latimer e uma discussão mais aprofundada.

Outro grupo de reações que vale a pena estudar, são as reações de precipitação características deste metal, como é o caso da formação dos halogenetos. Resta salientar que uma das reações de precipitação mais famosas é a da precipitação de cromato de prata, por reação de cromato de potássio ou de amónio com nitrato de prata, com a sua cor castanha característica [30] que também não foi feita.

Agradecimentos

Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal, Centro de Química Estrutural – Project UIOB/00100/2020 (financiamento parcial). Este trabalho foi em parte financiado pela autora principal.

Bibliografia e Notas

[1] Este é o quinto de vários Capítulos de uma publicação sobre cristais químicos e minerais ligada à temática apresentada nos Laboratórios Abertos 2020 do DEQ, num módulo experimental de observação à lupa estereoscópica, Cristais 3D e Exposição. O trabalho aqui descrito tem vindo a ser largamente divulgado noutras ações de *outreach* promovidas pelo Centro de Química Estrutural do IST-UL.

[2] Clementina Teixeira, Dulce Simão, Anabela Graça, “Observação de cristais à lupa estereoscópica e sua articulação com outros módulos expositivos”, Cap.1, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Março 2020, p.2-26. DOI: [10.13140/RG.2.2.24508.05769](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24508.05769)

https://www.researchgate.net/publication/341827875_Observacao_de_cristais_a_lupa_estereoscopica_e_sua_articulacao_com_outros_modulos_expositivos_Capitulo_1_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira_Centro

[3] Clementina Teixeira, “Observação de artefactos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Cristais metálicos: ouro, prata, cobre e ligas metálicas”, Cap.3, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Maio 2020, p1-15. DOI: [10.13140/RG.2.2.28717.92640](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28717.92640)

https://www.researchgate.net/publication/341942420_Observacao_de_artefactos_de_ourivesaria_a_lupa_estereoscopica_Cristais_metalicos_ouro_prata_cobre_e_ligas_metalicas_Capitulo_3_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Cleme

[4] Clementina Teixeira, “Observação de artefactos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Cristais metálicos: prata e ligas metálicas”, Capítulo 4, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, ed. Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Junho de 2020, p1-28. DOI: [10.13140/RG.2.2.31116.54401](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31116.54401)

https://www.researchgate.net/publication/342004685_Observacao_de_artefactos_de_ourivesaria_a_lupa_estereoscopica_Cristais_metalicos_prata_e_ligas_metalicas_Capitulo_4_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira#fullTextFileContent

[5] Clementina Teixeira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Gonçalo Santos em “Cristais Químicos em 3D e Exposição”, Livro dos Laboratórios Abertos 2020, eds. M. A. Lemos, C. Gomes de Azevedo, D. Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Fevereiro 2020, p127-180. DOI: [10.13140/RG.2.2.20543.05287](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20543.05287)

https://www.researchgate.net/publication/340606494_Cristais_em_3D_e_Exposicao/stats

[6] Clementina Teixeira em “Química e Arte: Sugestões para o Ano Internacional da Tabela Periódica 2019”, Livro dos Laboratórios Abertos 2019, Eds. M.A. Lemos, C. Gomes de Azevedo, D. Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, ISBN: 978-989-99508-6-3.

https://www.researchgate.net/publication/331233915_Clementina_Teixeira_Quimica_e_Arte_Sugestoes_para_o_Ano_Internacional_da_Tabela_Periodica_2019_Livro_dos_Laboratorios_Abertos_2019_ed_MALemos_C_Gomes_de_Azevedo_D_Simao_Departamento_de_Engenharia_Qui

[7] Clementina Teixeira, “Artesãos do Século XXI”- Artesanato observado ao microscópio, Catálogo da exposição, edição de autor, Projecto Ciência Viva, CV 100-2009/432, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, p 1-17, Dezembro 2009. DOI: 10.13140/RG.2.1.4313.2969. Consultar os numerosos suplementos (links) na *ResearchGate*, com os cartazes e montagens de fotomicrografias de reações químicas e cristalizações. Apresentam-se como anexos, em pdf na referida rede de profissionais.

https://www.researchgate.net/publication/266175081_Artesaos_do_Sculo_XXI_Artesanato_observado_ao_microscpio

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.576179665756250/970271946347018/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.576179665756250/970272316346981/?type=3&theater>

[8] Clementina Teixeira, “Ourives do Século XXI”, “Artesãos do Século XXI”, https://www.researchgate.net/publication/275891399_ArtesaosOuroII

[9] Clementina Teixeira, “O Microscópio Descobre a Prata”, Artesãos do Século XXI”,

https://www.researchgate.net/publication/275892694_ArtesaosAg1

https://www.researchgate.net/publication/275951577_ArtesaosAg2

[10] Clementina Teixeira, “Microscopia Química da Prata”, Artesãos do Século XXI”,

https://www.researchgate.net/publication/276937089_ArtesaosAg3

[11] Clementina Teixeira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, “Microscopia Química da Prata”, Artesãos do Século XXI”, https://www.researchgate.net/publication/276944721_ArtesaosAg4

[12] C. Teixeira, V. André, N. Lourenço, M. J. Rodrigues, “Crescimento de Cristais por Nucleação Heterogénea: On the Rocks Revisited”, *Ciência e Tecnologia dos Materiais*, 19, nº1-2 (2007) 66-77.

https://www.researchgate.net/publication/235638165_Crescimento_de_cristais_por_nucleao_heterognea_On_the_Rocks_revisited

[13] Clementina Teixeira, Maria da Conceição Oliveira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Electric Dreams, Poster PA10, XII Iberic Meeting of Electrochemistry & XVI Meeting of the Portuguese Electrochemical Society, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 8-11 de Setembro de 2010. DOI: 10.13140/RG.2.1.2363.5369

https://www.researchgate.net/publication/276092177_Clementina_Teixeira_Maria_da_Conceicao_Oliveira_Erik_CP_Benedicto_Electric_Dreams_Poster_PA10_XII_Iberic_Meeting_of_Electrochemistry_XVI_Meeting_of_the_Portuguese_Electrochemical_Society_Instituto_Sup

https://www.researchgate.net/publication/279955707_Electric_Dreams_Chemical_Microscopy#fullTextFileContent

[14] Maria Conceição Oliveira, Hermínio Diogo, Clementina Teixeira, Manuel Francisco Costa Pereira, Cristais “On The Rocks”, Microscopia Química: Fotografia Científica e Arte Digital, Poster, V Encontro Internacional da Casa das Ciências, Centro Cultural Vila Flor, Guimarães, 9-11 de Julho de 2018. (Centro de Química Estrutural e Museu Alfredo Bensaúde, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa).

https://www.researchgate.net/publication/326676156_Poster_Cristais_On_the_Rocks_Digital_Art_Photomicrography

https://www.researchgate.net/publication/326676133_Maria_Conceicao_Oliveira_Herminio_Diogo_Clementina_Teixeira_Manuel_Francisco_Costa_Pereira_Cristais_On_The_Rocks_Microscopia_Quimica_Fotografia_Cientifica_e_Arte_Digital_Poster_V_Encontro_Internacional

[15] Clementina Teixeira, Manuel Francisco Costa Pereira, Semana da Ciência e da Tecnologia 2018, Ciência Viva, Centro de Química Estrutural do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 21-23 de Novembro 2018 (com a colaboração de Museu Alfredo Bensaúde, Museu Décio Thadeu e Departamento de Engenharia Química). DOI: 10.13140/RG.2.2.10410.88004.

<https://www.researchgate.net/publication/330202205> Semana da Ciencia e da Tecnologia 2018 Ciencia Viva no Centro de Quimica Estrutural do Instituto Superior Tecnico Universidade de Lisboa

[16] Clementina Teixeira, Gonçalo Santos, Erik C.P. Benedicto, “Reações Químicas e Formação de Cristais à Lupa Estereoscópica no Ano Internacional da Tabela Periódica 2019”, comunicação em Poster, VI Encontro Internacional da Casa das Ciências, FCUL, 10-12 de Julho 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.20057.4720.
<https://www.researchgate.net/publication/335501960> REACOES QUIMICAS E FORMACAO DE CRISTAIS A LUPA ESTEREOSCOPICA NO ANO INTERNACIONAL DA TABELA PERIODICA 2019

[17] Clementina Teixeira, Brilho Metálico no Ano Internacional da Luz 2015, https://www.facebook.com/pg/profClementinaTeixeira/photos/?tab=album&album_id=899751633399050
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.899751633399050/773725446001670/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.899751633399050/778715105502704/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.899751633399050/729752070399008/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.899751633399050/729908080383407/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.899751633399050/728887993818749/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.899751633399050/933121020062111/?type=3&theater>

[18] Clementina Teixeira, Artesãos do Século XXI”, <https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.576179665756250/967284593312420/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.576179665756250/967284596645753/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.576179665756250/375503354453749/?type=3&theater>

[19] Duma Arantes, pinturas com aplicação de folha de ouro, <https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/2262143480493185/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/2172174149490119/?type=3&theater>

[20] Jacqueline De Montaigne, Pinturas com pássaros, galeria Espaço Exibicionista. <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=3366976376663823&set=a.933745613320257&type=3&theater>, acedido em 11/6/2020

[21] <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ureia>, acedido em 11/6/2020.

[22] <https://pt.wikipedia.org/wiki/Tioureia>, acedido em 11/6/2020.

[23] Clementina Teixeira, "Microscopia Química e Cristais: Uma revolução Cultural Em Curso", Poster CP 224, XXI Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 11-13 de Junho de 2008. DOI: 10.13140/RG.2.1.4195.2808
<https://www.researchgate.net/publication/274736601> Microscopia Quimica e Cristais Uma revolu Cultural Em Curso Poster CP 224 11-13 de Junho de 2008

[24] – Clementina Teixeira, Crystal Growth and Chemical Microscopy-Perspectives on the development of new didactical materials, “Innovation days”, 4.ª Jornadas de Inovação 2009, Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica, Feira Internacional de Lisboa, 20 de Junho 2009. DOI:10.13140/RG.2.1.4636.8802
<http://www.yumpu.com/pt/document/view/9685971/microscopia-quimica-e-crescimento-de-cristais-innovation-days>
<https://www.researchgate.net/publication/274718482> Clementina Teixeira Crystal Growth and Chemical Microscopy- Perspectives on the development of new didactical materials Innovation days 4as Jornadas de Inovação 2009 Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica 20 de Junho 2009

[25] Clementina Teixeira, rede social *Facebook*, inclui projetos de ligação Ciência e Arte com Poen de Wijs.
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.618412964866253/791514534222761/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.618412964866253/780296035344611/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.618412964866253/782583738449174/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/586774604696756/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/1717856908255181/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/1717856914921847/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/1717856938255178/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/3630189427021910/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/3630189530355233/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/3630189630355223/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/3971638826210300/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/3630189737021879/?type=3&theater>

[26] Clementina Teixeira, Maria José Rodrigues, Nuno Lourenço, 4º Fórum Ciência Viva, 5 e 6 de Maio de 2000, Palco 3, “*Estudo da Rede Cristalina do Alúmen de Potássio*”. A apresentação incluiu também experiências em microescala realizadas em retroprojector e à lupa estereoscópica, nomeadamente a formação de fractais de prata.

[27] Clementina Teixeira, “As minhas páginas web.ist.utl.pt/clementina” conjunto de páginas WEB sobre crescimento de cristais, microscopia e microscopia química que estiveram *online* no IST de 2008 a 2015 e que estão a ser publicadas na forma de acervo pessoal na plataforma *Researchgate*, seguindo o exemplo abaixo indicado:
https://www.researchgate.net/publication/327477114_Clementina_Teixeira_As_minhas_paginas_web_istutlptclementina_Cristais1_e_Cristais2_Centro_de_Quimica_Estrutural_Instituto_Superior_Tecnico_Universidade_de_Lisboa_6_de_Setembro_de_2018#fullTextFileContent

[28] Hermínio Diogo, Manuel E. Minas da Piedade, Clementina Teixeira, “A Microscopia Química Associada ao Estudo da Série Electroquímica dos Metais”, Comunicação oral CO19, XXI Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 11-13 de Junho de 2008. DOI: 10.13140/RG.2.1.3182.7367
https://www.researchgate.net/publication/276078993_Hermnio_Diogo_Manuel_E._Minas_da_Piedade_Clementina_Teixeira_A_Microscopia_Qumica_Associada_ao_Estudo_da_Srie_Electroqumica_dos_Metais_Comunicao_oral_CO19_XXI_Encontro_Nacional_da_Sociedade_Portuguesa_de_Qumica_Faculdade_de_Engenharia_da_Universidade_do_Porto_11-13_de_Junho_de_2008
https://www.researchgate.net/publication/276078601_A_Microscopia_quimica_associada_ao_estudo_da_serie_electroquimica_dos_metais

[29] Clementina Teixeira, Erik C.P. Benedicto, Microscopia Química 2010, coleção de slides de microscopia química.
https://www.researchgate.net/publication/279198053_MicroscopiaQuimica2010
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.571065916267625/998733620167517/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.571065916267625/998733656834180/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.571065916267625/998733670167512/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.571065916267625/998733706834175/?type=3&theater>

[30]

<https://www.facebook.com/QualitativaInorgUfrj/photos/a.901347819894291/2039682919394103/?type=3&theater>, acessado em 14/6/2020.

Capítulo 6. Exposições para escolas. Padrões decorativos. Reações ácido-base, observação à lupa estereoscópica, HCl+NaOH.

Clementina Teixeira

Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Este é o sexto de vários Capítulos de uma publicação sobre cristais químicos e outros materiais/reações ligados à temática apresentada nos Laboratórios Abertos 2020 do DEQ, num módulo experimental de observação à lupa estereoscópica, Cristais 3D e Exposição [1,2], Figs. 1,2. Excepcionalmente apresentam-se alguns resultados da observação das reações de ácido-base, HCl (aq) + NaOH (c) em presença de indicador universal de pH, que representam “o nascimento do cloreto de sódio”, substância que integra a lista de cristais para observação. Inclui-se também informação recente relativa a ações de divulgação da Ciência, para além das ofertas expositivas para as escolas e outras Instituições que continuam a estar disponíveis e que foram anteriormente descritas [3,4].



Figura 1 – A Ciência e o Design: pequenas molduras em acrílico com padrões decorativos feitos por fotomanipulação e regras de simetria simples a partir de fotomicrografias de cristais à lupa estereoscópica. Mais exemplos nas figuras que se seguem. Este é um projeto pessoal iniciado no final 2019 [5], que também será disponibilizado e integrado nas exposições já existentes [3,4]. Compostos das molduras: sulfato de cobre pentahidratado [1,5], acetato de cobre hidratado [6] e cloreto de cobalto hexahidratado [7]. Esta exploração de Ciência e Design ainda não foi incluída nas ações de *outreach* do IST. As fotos são um registo informal feito no último dia dos Laboratórios Abertos 2020. A figura mostra também a pequena exposição de cristais inorgânicos e redes cristalinas rigorosas Miramodus Molecular Models® já referida na primeira publicação desta série [1]. Nas refs. de 5 a 7 são dados vários exemplos destes padrões decorativos criados em finais de 2019.



Figura 2 – Projeto de Ciência e Design, *vide* Fig. 1. Compostos cujas fotomicrografias foram usadas para criar os padrões das pequenas molduras: ferricianeto de potássio/ácido tartárico [8], permanganato de potássio [9], cristais incolores de sulfato de amônio com corante amarelo-sol [5], indicador universal de pH em reações de ácido-base HCl + NaOH [10], cromato de potássio [11], solução sólida de alumínio de potássio e de alumínio de cromo [12,13], etc. Sobre a restante exposição, consultar a ref. 1.

Capítulo 6.1. Exposições para escolas

Neste projeto a divulgação da Química é encarada numa perspetiva interdisciplinar, incluindo o crescimento de cristais em suportes rugosos (método “On the Rocks”) [1-3,14], a cristalização e reações com fotografia/filmagem à lupa estereoscópica e quase sempre uma componente estética ligada à Arte e ao Design, seguindo as novas tendências de **STEAMD (Science, Technology, Engineering, Art, Math, Design)**, que veio a suceder ao **STEM (Science, Technology, Engineering, Math)** [15]. As pequenas gravuras exibidas nas Figuras 1,2 fazem parte de um projeto pessoal de construção de padrões decorativos a partir dos resultados da observação à lupa estereoscópica que se materializaram em objetos diversos, podendo tornar-se úteis como material didático e de *merchandising*, estratégia que tem vindo a desenvolver-se há muitos anos, na exposição de microscopia aplicada “Artesãos do Século XXI” [16]. A oferta expositiva é gratuita, foi anteriormente descrita [3] e compreende, além das exposições, Fig. 3, palestras, atividades de laboratório, atendimento ao público em geral, a orientação de projetos escolares como é o caso dos Clubes Ciência Viva na Escola [18], Figs. 4,5, participação nas Semanas da Ciência e da Tecnologia promovidas pela Ciência Viva [4,19,20], Fig. 6, divulgação nas redes sociais e outras plataformas da web (*Researchgate*), bem como a participação em congressos, principalmente os que têm sido organizados pela Casa das Ciências [21]. Algumas das atividades passaram recentemente a ser articuladas com o Serviço Educativo dos Museus do Técnico [20,22], Fig. 7, e as ações de divulgação da Ciência do CQE e do DEQ.



Figura 3 – Exposição de Ciência e Arte requisitada em 2018 pela Associação de Estudantes do Instituto Superior Técnico [17]. Cristais “On the Rocks”, Microscopia Química, Ciência e Arte com os pintores holandeses Poen de Wijs e Jantina Peperkamp.



Clubes Ciência Viva na Escola.
Colégio Sagrado Coração de Maria

Figura 4 – Exposição sobre a Tabela Periódica realizada em Abril de 2019 numa escola pertencente à Rede de Clubes Ciência Viva na Escola, incorporando imagens retiradas deste projecto disponibilizadas no Facebook, após várias consultas para orientação [18].



Clubes Ciência Viva na Escola,
Colégio Sagrado Coração de Maria

Figura 5 – Exposição sobre a Tabela Periódica realizada em Abril de 2019 numa escola pertencente à Rede de Clubes Ciência Viva na Escola, incorporando imagens retiradas deste projeto disponibilizadas no Facebook, após várias consultas para orientação [18].

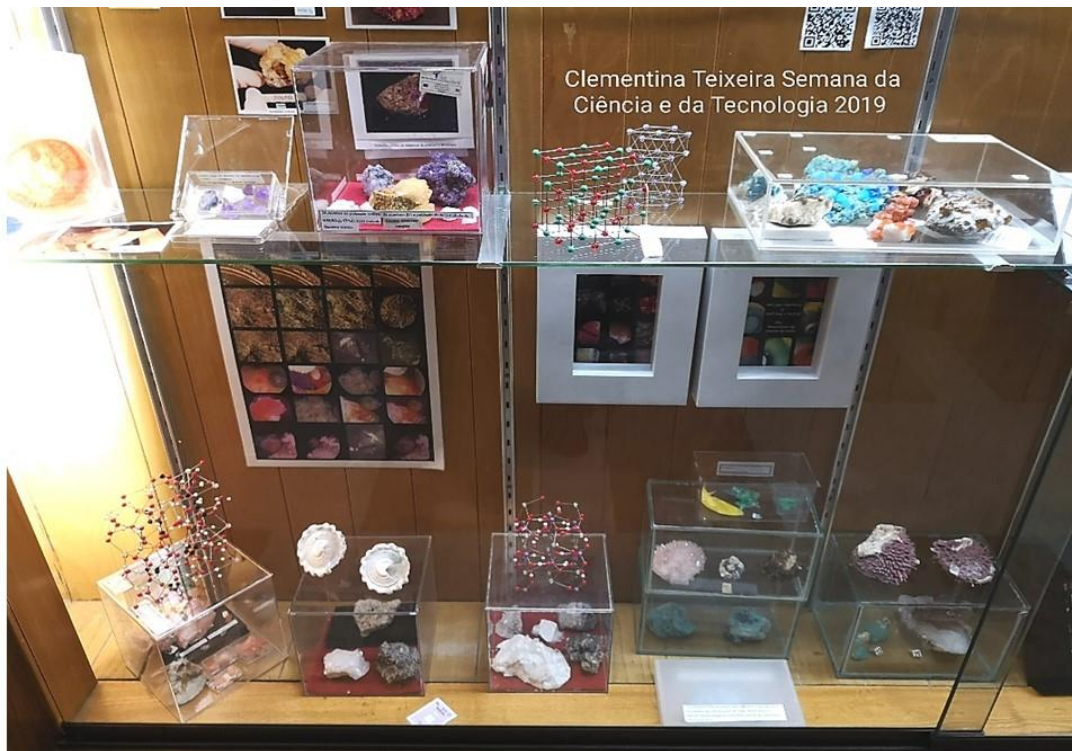


Figura 6 – Exposição “Somos Elementos da Tabela Periódica” realizada durante a Semana da Ciência e da Tecnologia 2019. Cristais “On the Rocks”, redes cristalinas de cristais inorgânicos, padrões decorativos e Tabela Periódica de Keith Enevoldsen [3,4,19].

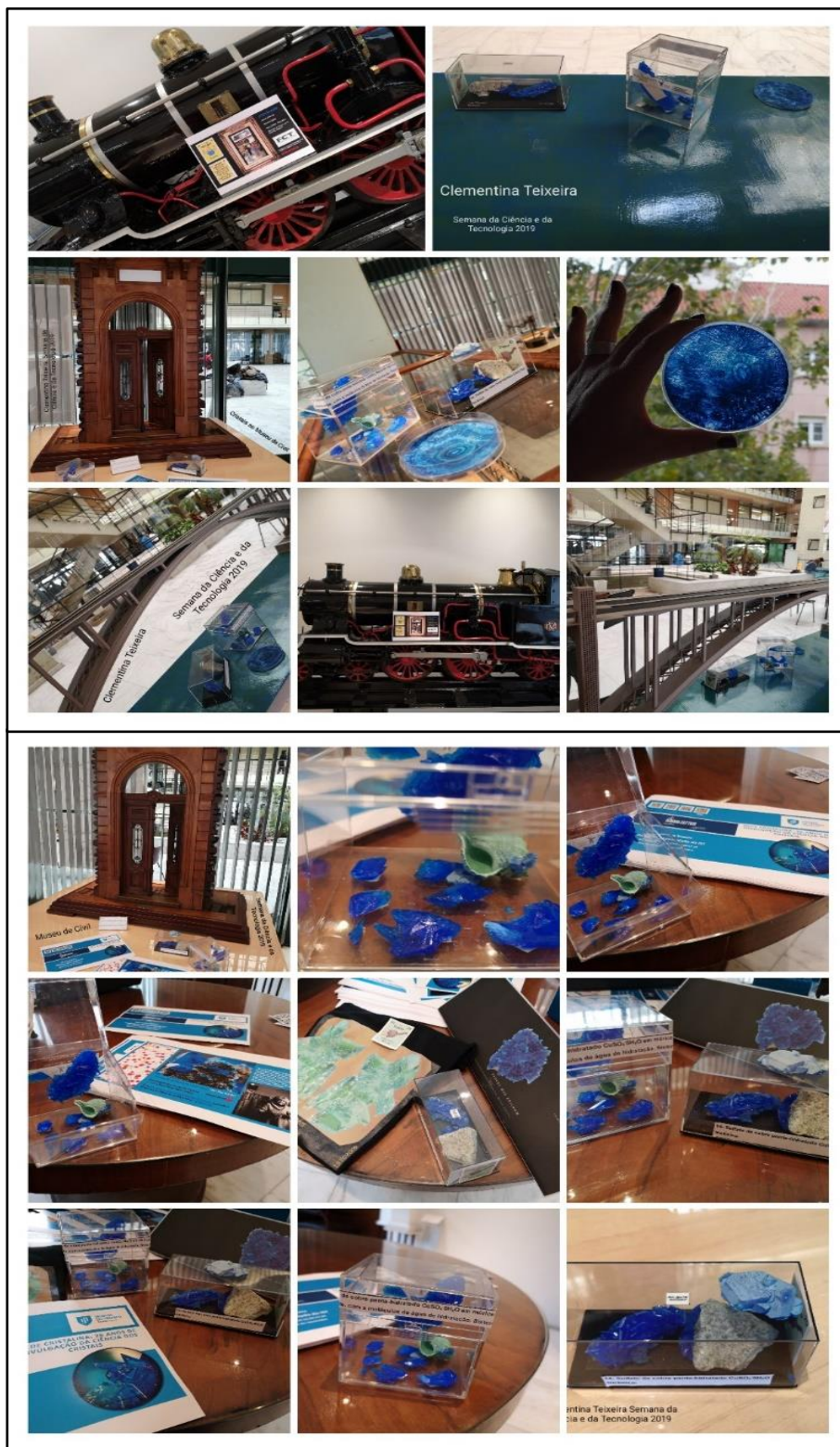


Figura 7 – Exposição sobre a Tabela Periódica realizada durante a Semanada da Ciência e da Tecnologia 2019. Cristais “On the Rocks”, redes cristalinas, padrões decorativos, Ciência e Arte, Tabela Periódica de Keith Enevoldsen [20]. Realizada no Museu de Civil do IST, curadoria de Natália Rocha, Serviços Educativos dos Museus do Técnico. Nesta Figura, cristais de sulfato de cobre pentahidratado “On the Rocks” foram expostos nas peças de mobiliário antigo e maquetes do Museu. A exposição incluiu uma componente de ligação da Ciência à Arte dos pintores holandeses do realismo contemporâneo Poen de Wijs e Jantina Peperkamp, que tem vindo a ser apresentada desde 2013, na rede social *Facebook* e em Congressos.

Durante o Ano Internacional da Tabela Periódica 2019, as solicitações foram imensas, Figs. 4-6, porém, há que regular este tipo de transferência de conhecimentos/tecnologias. Vejamos: uma minoria de professores, uma vez feitas as exposições/consulta(s) para a organização das mesmas, não deram informações acerca dos resultados obtidos, nem sequer o nome da atividade, data em que foi feita, recetividade dos alunos, etc. A situação por vezes foi ainda mais absurda, pois os convites incluíram deslocações e permanência na escola com orientação dos eventos e atividades experimentais diretamente com os alunos, em períodos que até excederam mais do que uma semana. E o que resultou daí? A omissão propositada do nome do IST e dos investigadores que participaram direta ou indiretamente nos trabalhos. Infelizmente esta atitude tem-se repetido ocasionalmente, inclui mesmo a participação em concursos sem conhecimento da outra parte envolvida e tudo aponta, portanto, para a urgência de regular estas colaborações na forma de protocolos oficiais, evitando que as atividades, que são completamente gratuitas para as escolas, acabem num beco sem saída para o IST, sem que os Centros de investigação as possam registrar nos seus relatórios de atividades, nem tão pouco tirar conclusões sobre a recetividade dos alunos e professores que delas usufruíram. Há casos ainda mais graves em que as escolas têm projetos que contemplam o pagamento dos trabalhos dos Centros de investigação o que nunca aconteceu, em parte também porque nunca tal foi pedido. De futuro há que evitar estas faltas de ética que são péssimos exemplos para os alunos e a bem da criação de um ambiente saudável de trabalho.



Ciência e Arte
com a AEIST.

Figura 8 – Exposição de Ciência e Arte requisitada pela AEIST em 2018, vide, Fig. 3. Os pósteres de Congressos, quase na totalidade apresentados na Casa das Ciências, são muitas vezes integrados nestas exposições. Os trabalhos de pintura incluídos nos cartazes são dos pintores holandeses Poen de Wijs (a título póstumo) e Jantina Peperkamp. Da mesma exposição fazem parte T-shirts, individuais de servir à mesa, álbuns e outros artigos dos Artesãos do Século XXI [16]. Na brochura aparecem padrões da reação $\text{HCl} + \text{NaOH}$ em presença de indicador universal de pH, com mais exemplos que serão dados adiante, noutra secção deste capítulo [17].



Clementina Teixeira



Figura 9 – Atendimento ao público visitante durante os Laboratórios Abertos 2019 do DEQ, projeto de Ciência e Arte com Jantina Peperkamp e Poen de Wijs, a título póstumo. Os cartazes das conferências e materiais reunidos ao longo dos 26 anos de duração do projecto são suficientes para montar várias exposições. As escolas requisitam depois os que acham mais pertinentes para inserir nas suas actividades, de acordo com a área científica ou artística que querem abordar. A colaboração inclui em geral uma palestra/workshop. Muitos dos visitantes tornam-se mais tarde colaboradores do projecto. Nesta sessão de atendimento fizeram-se várias fotos dos cristais “On the Rocks” [14].



Figura 10 – Atendimento ao público visitante durante os Laboratórios Abertos 2019 do DEQ, projeto de Ciência e Arte com os pintores holandeses Jantina Peperkamp e Poen de Wijs, a título póstumo. Nestas fotos os visitantes iam aos Museus de Geociências do IST, e à passagem, na entrada da Torre Sul do IST aproveitaram para visitar a exposição de Ciência e Arte, Somos Elementos da Tabela Periódica [3,16]. As T-shirts e outros materiais expostos foram etiquetados com as fichas dos elementos de Keith Enevoldsen vide, exemplos na Fig. 4. Outros exemplos serão dados na secção seguinte deste capítulo. Em baixo, o cartaz de Ciência e Arte da Fig. 11.



PADRÕES DECORATIVOS: DIVULGAÇÃO COLABORATIVA DE CIÊNCIA E ARTE



Clementina Teixeira^a, Jacob Christian Poen de Wijs (a título póstumo)^b, Jantina Peperkamp^c, Christa Zaat^d

Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, clementina@tecnico.ulisboa.pt



^{pc/} Lucas van Hasselt, De Twee Pauwen, Haia; ^e <http://www.jantina-peperkamp.nl/>; Wamel; ^g <https://www.facebook.com/PoendeWijs.painter/>, Apeldoorn, Holanda

V Encontro Internacional da Casa das Ciências, 9-11 de Julho de 2018, Centro Cultural Vila Flor, Guimarães



- 1- Estudo do Meio em "zoom in", com lupas estereoscópicas e microscópios: objetos comuns, artesanato, plantas e seres vivos. Recuperação de equipamentos das Escolas/ Instituições/Museus e dinamização no campo da microscopia. Desenvolvimento de material didático, kits de experiências e *merchandising*/ ligação à indústria (artes gráfica, têxtil, etc.)
- 2- Microscopia Química, observação de reações, cristalizações/crescimento de cristais à lupa estereoscópica (3x-126x).
- 3-Crescimento de cristais "On the Rocks", encarados como *esculturas* cultivadas em laboratório para exposição em ambiente escolar controlado.
- 4- Atlas de imagens (fotomicrografias, fotos, vídeos, gifs)/ módulos de experiências. Gerar padrões decorativos (regras de simetria, etc.) a partir das imagens e vídeos. Fomentar a aplicação dos padrões.
- 5-Ligação à Arte: arte digital; ilustração científica; cristais "On the Rocks"/*esculturas*; colaboração com artistas.
- 6- Divulgação na WEB, Researchgate, Redes sociais, escolas e Rede de Bibliotecas Escolares (exposições e repositório de conteúdos e imagens).

Reações de ácido-base à lupa estereoscópica Objetivos da Exposição Itinerante Artesãos do Século XXI (Exposição sem fins lucrativos)

As máscaras do mocho
 $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$, 10x com Indicador universal de pH

Science and Art – The Vulture Mask
 10x
 © The Vulture Mask, HCl + NaOH, 10x
 Bearded Vulture, 2006

Obras de Poen de Wijs com máscaras a condizer feitas a partir das fotomicrografias. Simetrias de reflexão, em cima. Em baixo, padrões gerados pelo GeClA- Atractor

Science and Art- The Birth of the...
 HCl+NaOH 10x
 Serpentes (Streamers)
 A pintura sugere, para um químico, as fitas de PAPEL de pH!!! Fazer fitas, finas, por simetrias do GeClA. Mini

1-Padrões com Sais de Fe (III) 2-Padrões com Meandros, símbolo de mudança, o microscópio descobre a prata; padrões do GeClA a partir das fotomicrografias de um colar de prata.

$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
 Cristalização, Lupa Estereoscópica, 20x
 1-Padrões com Sais de Fe (III)

Science and Art
 Poen de Wijs, Maastricht

Science and Art
 Poen de Wijs, Maastricht

Chemical Crystals Pattern, $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, 20x

Ciência e Arte-Simetrias
 Sais de Ferro (III)

2-Padrões com Meandros, GeClA. Colar de Ag, 10x

Poen de Wijs, Maastricht; Poen de Wijs, Maastricht

Science and Art
 Jantina Peperkamp, Leis

Dandelion, 60x, School Stereomicroscope
 Look!!!!!! Dandelion!

Symmetry, GeClA
 Poen de Wijs, Maastricht

FCT
 Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal (Project UID/QUI/00100/2013)

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/>
https://www.researchgate.net/profile/Clementina_Teixeira/publications

https://www.researchgate.net/publication/279198053_MicroscopiaQuimica2010
https://www.researchgate.net/publication/279911141_MicroscopiaQuimica_2011
https://www.researchgate.net/publication/268214168_The_Hidden_Beauty_of_Chemical_Reactions_Beautiful_Chemical_Reactions_under_the_Stereomicroscope
 Clementina Teixeira, Artesãos do Século XXI
 Clementina Teixeira, Ciência e Arte, Laboratórios Abertos 2018
 Clementina Teixeira, Ciência e Arte com a AEIST

Figura 11 – Poster de Ciência e Arte apresentado num Congresso da Casa das Ciências, que também se vê na figura anterior, em baixo [23]. Neste trabalho exploram-se conceitos de simetria utilizando o programa *GeClA* da Associação Atractor, com fotomicrografias de reações químicas, cristais, plantas e objectos de prata vistos à lupa estereoscópica, estes últimos já apresentados [24]. Neste capítulo apenas iremos mostrar padrões relativos às reações de ácido-base (HCl + NaOH em presença de indicador universal de pH). Os outros assuntos, inclusivé a ligação à Arte serão discutidos numa outra publicação. Vide, alguns exemplos de Ciência e Arte na Fig. 12.



Figura 12 – Representação do American Corner IST na Futurália em 2015. Ciência e Arte com Poen de Wijs e Jantina Peperkamp [25]. Cristais “On the Rocks” [12] e fotomicrografias com ligação à Arte.

Nas Figs. 13,14,16 mostram-se exemplos de colaborações excelentes com escolas, que incluíram palestras e exposições, ao contrário das poucas exceções já referidas.



Figura 13 – Cristais, Arte e Tabela Periódica em Sobral de Monte Agraço, ensino secundário, a convite da professora Paula Maria, pequena exposição e palestra [26]. As fotomicrografias foram ligadas à Tabela Periódica de Keith Enevoldsen. Em baixo, pequenos quadros com gravuras de reações à lupa estereoscópica [3,16,27].



 Portugal (Project UIDB/00100/2019)

Researchgate Facebook Researchgate ABCD
 clementina@tecnico.ulisboa.pt
 Redes Sociais

REDE CRISTALINA: 26 ANOS DE DIVULGAÇÃO DA CIÊNCIA DOS CRISTAIS COM LIGAÇÃO À ARTE

AULA ABERTA

Prof. Clementina Teixeira

14/01/20 – 14h00 AUDITÓRIO 1

Organização: Departamento de Ciências Matemáticas e Naturais

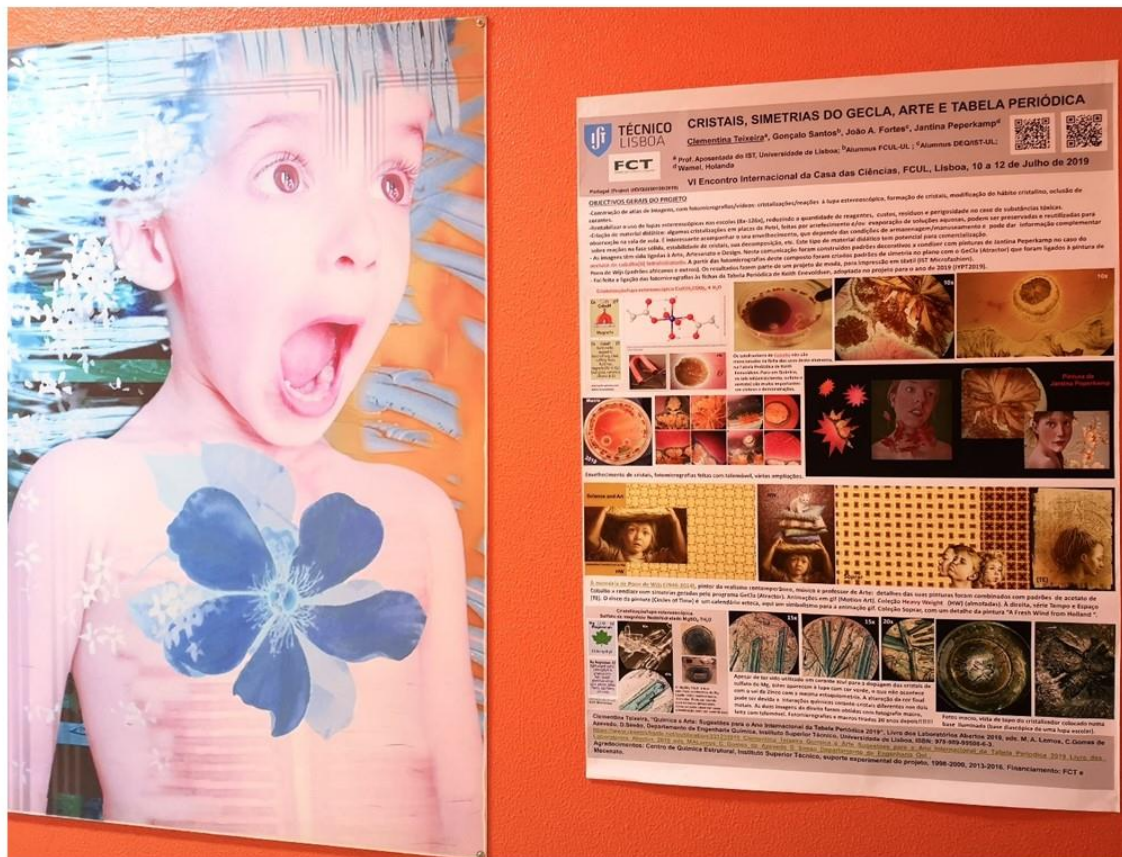



Figura 14 – Exposição de Ciência, Arte e Design apresentada na Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Santarém, a convite da Professora Paula Maria [28]. Em cima, slide de apresentação da palestra com padrões decorativos construídos com o programa de simetrias *GeCl₄*, Associação Atractor, Fig. 15 [29,30]. Em baixo, poster de Ciência e Arte apresentado na Casa das Ciências em 2019, com fotomicrografias dos compostos acetato de cobalto tetrahidratado e sulfato de magnésio heptahidratado com corantes, num projecto de Ciência e Arte com os pintores holandeses Poen de Wijs e Jantina Peperkamp [31].



Figura 15 – Padrões decorativos construídos com o programa *GeCia*, Simulador e Gerador de Simetrias da Associação Atractor [30] apresentados em vários Congressos da Casa das Ciências e no Centro Ciência Viva de Estremoz [29-31]. Exemplos gerados a partir de fotomicrografias de reações químicas com vários elementos: magnésio em reação com água com deslocamento de hidrogénio em presença de fenolfateína (1) [32], cristais de cloreto de cobalto hexahidratado (2) [33], vários padrões com fotomicrografias de cristais de acetato de cobalto tetrahidratado explorando os grupos de simetria no plano (3) [2,31,34], reação de HCl com NaOH em presença de indicador universal de pH (4) [23], assunto que será abordado na secção seguinte deste Capítulo. Ainda, vários padrões gerados a partir das fotomicrografias de flores e sementes à lupa estereoscópica: dente-de-leão (5) [23,30,35] papoilas (6) [36], capuchinhas [37] e outras flores silvestres. Alguns destes padrões foram ligados à obra de Poen de Wijs, Jantina Peperkamp e Duma Arantes em projetos de Ciência e Arte [3,17,21,23,25,30,31,34,38].

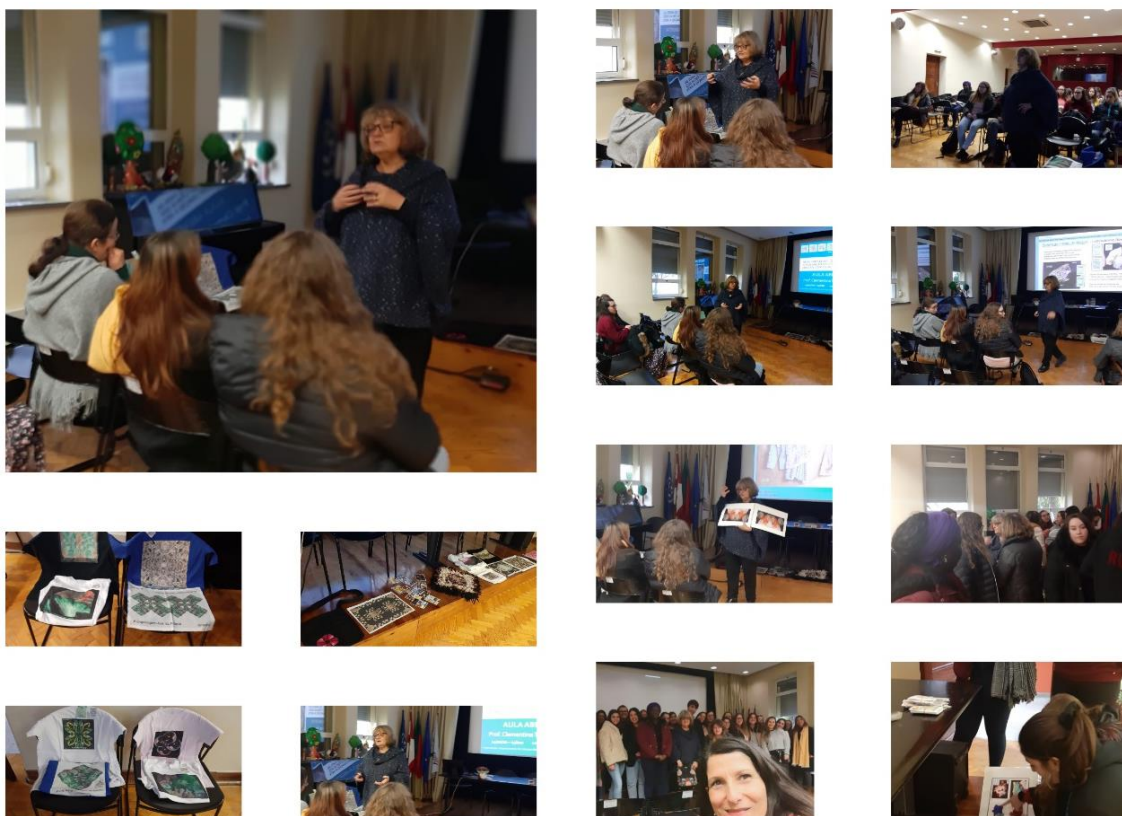


Figura 16 – Exposição de Ciência, Arte e Design apresentada na Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Santarém, a convite da Professora Paula Maria [28].

Nas Figs. 17,18, podemos observar parte do material didático da exposição/palestra da Fig. 16 [28], que incluiu os novos padrões decorativos desenhados em fins de 2019 e que já constavam das Figs. 1,2. Estes exemplos de design gráfico associado à microscopia química, crescimento de cristais e cristalização tem sido amplamente divulgado nas redes *Facebook*, *Pinterest*, *Instagram* e numa forma mais definitiva na *Researchgate*. Neste percurso de ligação da Ciência dos cristais à Arte e ao Design, foram seguidos diversos caminhos: os slides/montagens das fotomicrografias começaram por ser feitos em programas como o PowerPoint®, Picasa® e Photoshop®, passando depois a ser aplicado o programa *GeCla*, Associação Atractor, com esperança de fazer a ligação à Matemática, usando as fotografias de cristais e fotomicrografias para gerar os padrões de simetria no plano. Porém, desde fins de 2019, o design passou a ser feito utilizando programas/algoritmos muito simples disponibilizados de forma gratuita em telemóveis, e no programa da Google® para tratamento de fotografias (animações, colagens, vídeos, edição de fotos, etc.). De momento esta é de longe a melhor aposta.

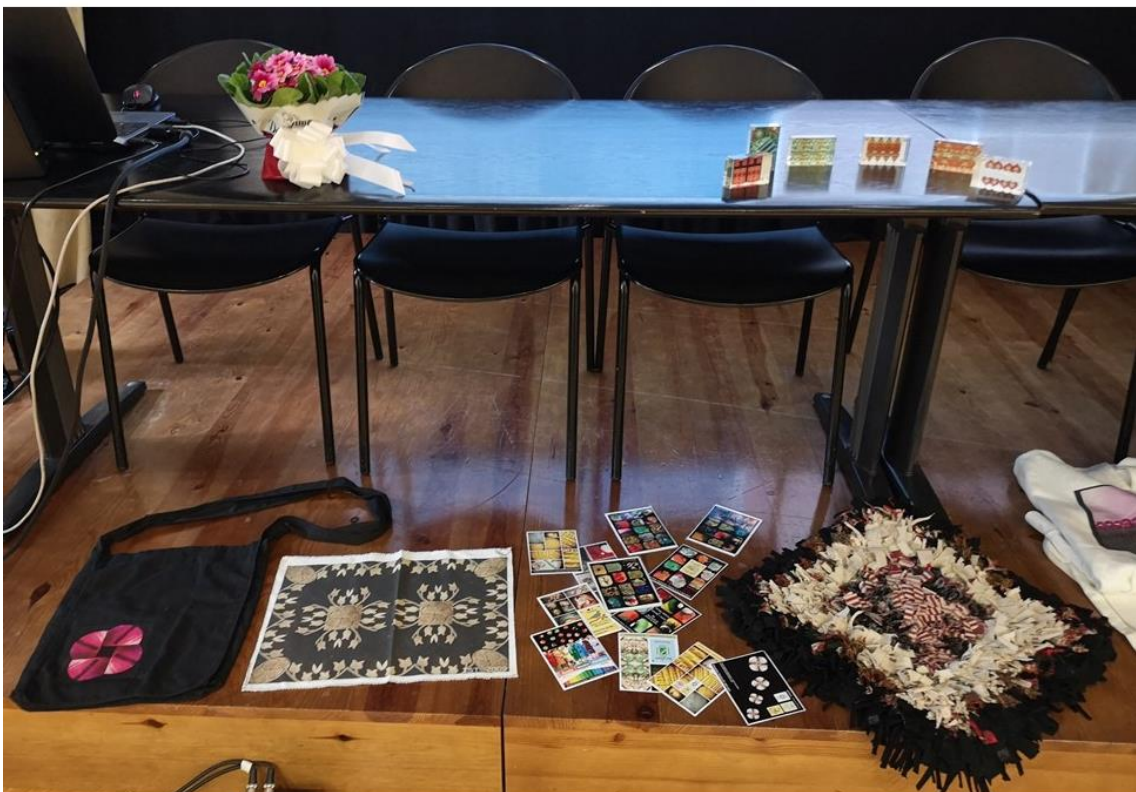


Figura 17 – Molduras em acrílico das Figs. 1,2, com os mesmos padrões decorativos feitos por fotomanipulação a partir de fotomicrografias de cristais à lupa estereoscópica. Foi a estreia! Em baixo, artigos da Exposição Artesãos do Século XXI [16], trabalhos de reciclagem de têxteis da Exposição “Nó Cego” [22] e fichas com fotomicrografias ligadas à Tabela Periódica de Keith Enevoldsen, desenvolvidas durante o Ano Internacional da Tabela Periódica [3,4]. Apresentação na Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Santarém, a convite da professora Paula Maria [28], Figs. 14,16.

Keith Enevoldsen <https://elements.wlonk.com>

Be \square 4
Beryllium

Emeralds

© 2020-2021 Keith Enevoldsen elements.wlonk.com 22 01 24 A3 10mm

IYPT2019 Clementina Teixeira IST . Artesãos do Século XXI

Be \square 4
Beryllium

Emeralds

Be Beryllium 4
lightweight metal;
non-sparking
copper alloy tools,
aerospace,
X-ray windows,
beryl gems:
emeralds and
aquamarines

Be \square 4
Beryllium

Emeralds

Be Beryllium 4
lightweight metal;
non-sparking
copper alloy tools,
aerospace,
X-ray windows,
beryl gems:
emeralds and
aquamarines

Be \square 4
Beryllium

Emeralds

Be Beryllium 4
lightweight metal;
non-sparking
copper alloy tools,
aerospace,
X-ray windows,
beryl gems:
emeralds and
aquamarines

Be \square 4
Beryllium

Emeralds

Be Beryllium 4
lightweight metal;
non-sparking
copper alloy tools,
aerospace,
X-ray windows,
beryl gems:
emeralds and
aquamarines

Keith Enevoldsen elements.wlonk.com

Clementina Teixeira IYPT2019. Ano Internacional da Tabela Periódica 2019.

Diamonds and emeralds under a stereomicroscope
Clementina Teixeira

Diamonds and emeralds under a stereomicroscope
Clementina Teixeira

Figura 8 – Ficha do Berílio divulgada no IYPT2019 com jóias de gemas com este elemento na sua composição: águas marinhas, à esquerda e esmeraldas de cor verde.

A fotografia do anel de águas marinhas, na Fig.18, à esquerda é macro. Todas as outras imagens da jóia com esmeraldas, uma pregadeira, são construídas por regras de simetria simples a partir da fotomicrografia do alfinete, em cima, à direita, com ampliação de 10x. Poderíamos acrescentar as fichas do ouro, do carbono para os diamantes e do

ródio, no ouro branco. Estes trabalhos de observação de jóias à lupa estereoscópica fazem parte da exposição Artesãos do Século XXI, Ourives do Século XXI. Podem ser encontrados mais exemplos nos Capítulos 2-4 [39-41]. Mais exemplos de simetrias muito simples no campo da ourivesaria (reflexão e translação), Figs. 19-22.

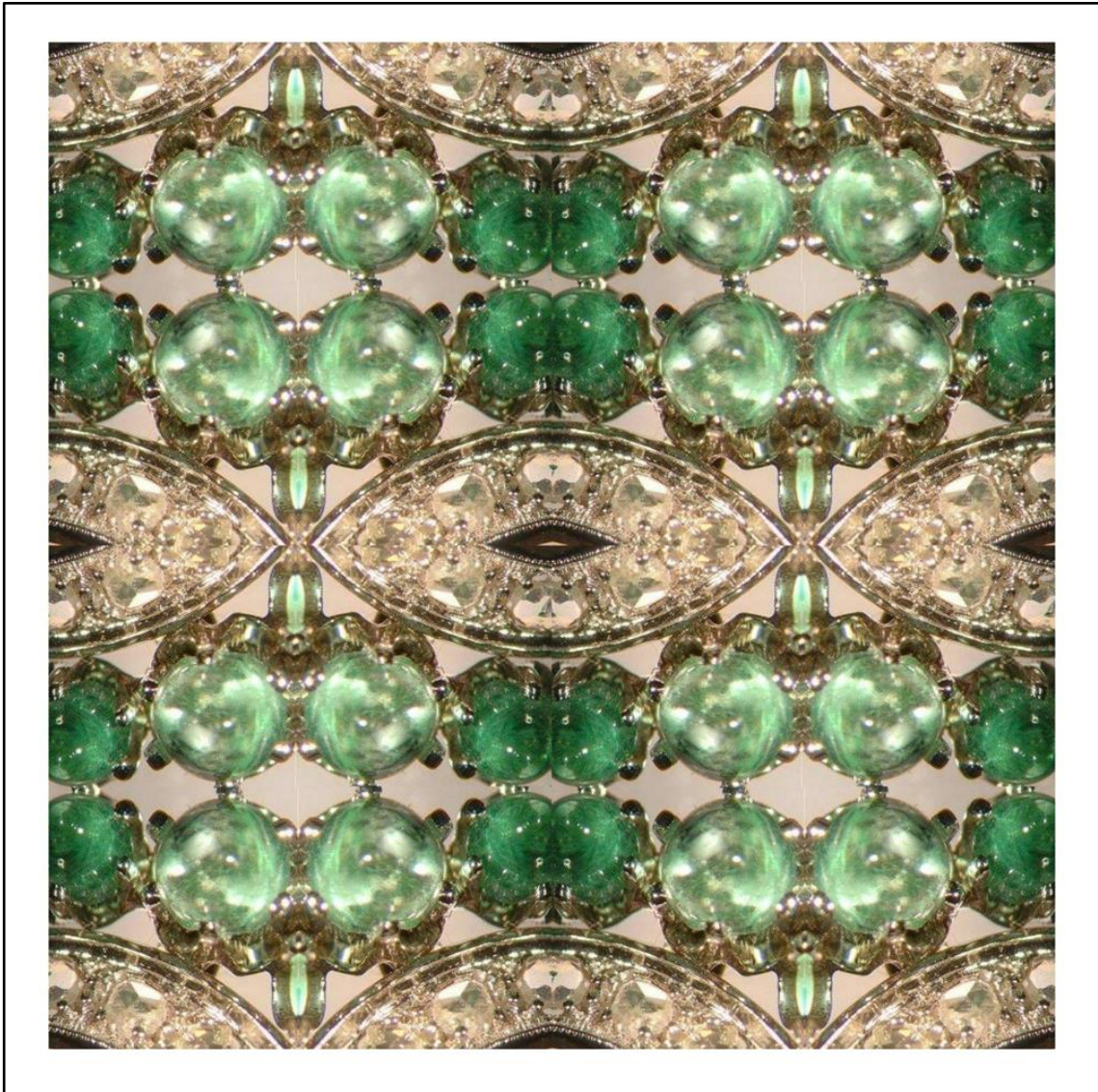
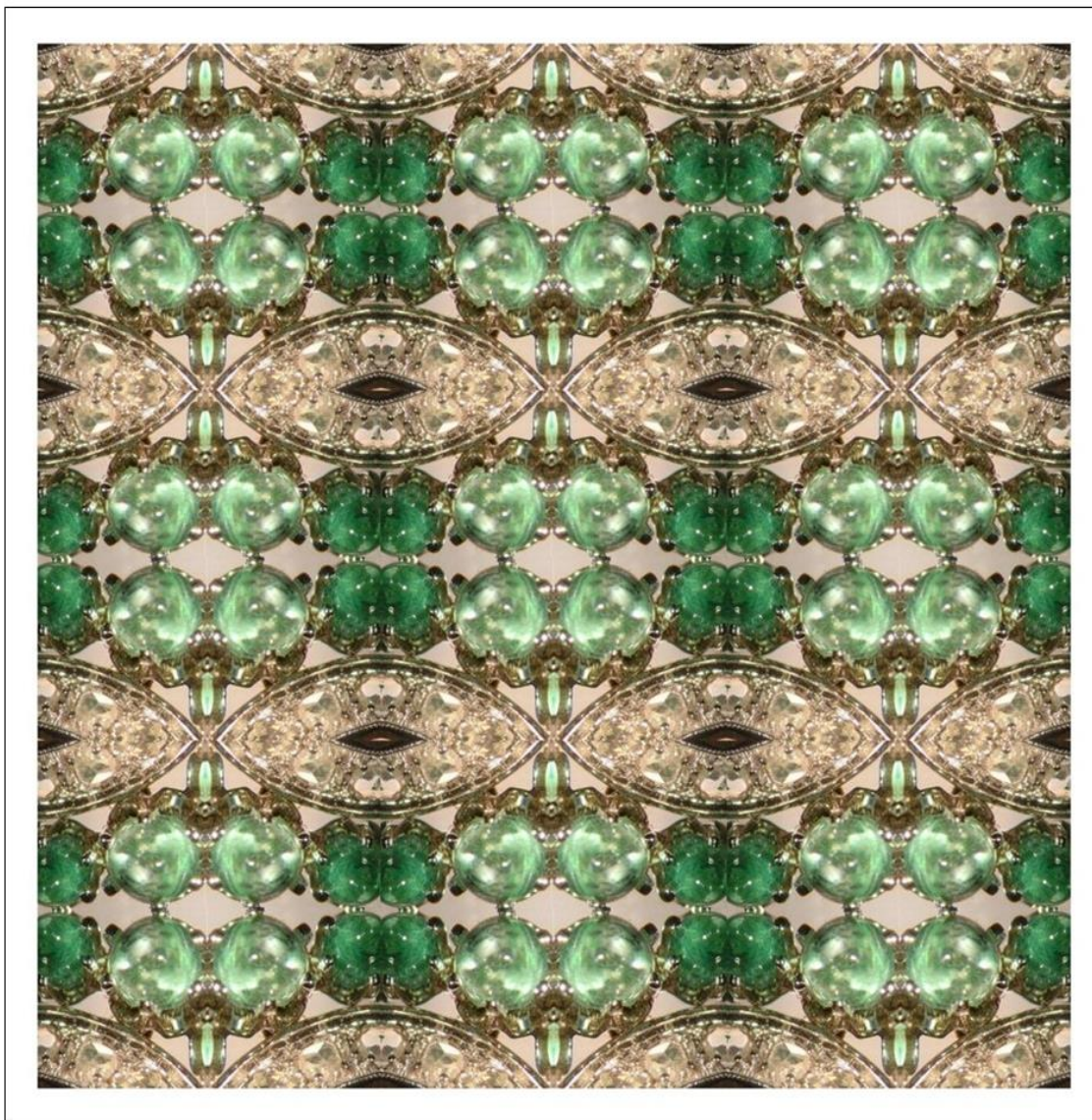


Figura 19 – Estudo de simetria feito a partir da observação à lupa estereoscópica de um alfinete com ouro branco, diamantes e esmeraldas. A fotomicrografia original com ampliação de 10x está na Fig. 18. Estes padrões poderão ser utilizados em merchandising, acompanhando os objetos que se querem vender. A observação de jóias à lupa estereoscópica é apaixonante e faz parte da Exposição Artesãos do Século XXI [16]. Em geral, as pessoas que vêm visitar a exposição trazem as próprias peças para observar. Esta peça fez também parte de um projeto de máscaras que foi desenvolvido no *Facebook*, com ligação à Arte de Poen de Wijs e Jantina Peperkamp [42].



<p>Au  79 Ouro</p>  <p>Joias</p>	<p>Rh  45 Ródio</p>  <p>Refletores Holofotes</p>	<p>C  6 Carbono</p>  <p>Base das moléculas da vida</p>	<p>Be  4 Berílio</p>  <p>Esmeraldas</p>
--	--	---	---

Figura 20 – Estudo de simetria feito a partir da observação à lupa estereoscópica de um alfinete com ouro branco, diamantes e esmeraldas. A fotomicrografia original está na Fig.18. As fichas da Tabela Periódica traduzidas em Português do Brasil, a partir das fichas de Keith Enevoldsen [43] completam esta ficha, com Au e Rh para o ouro branco, C para os diamantes e Be para as esmeraldas.

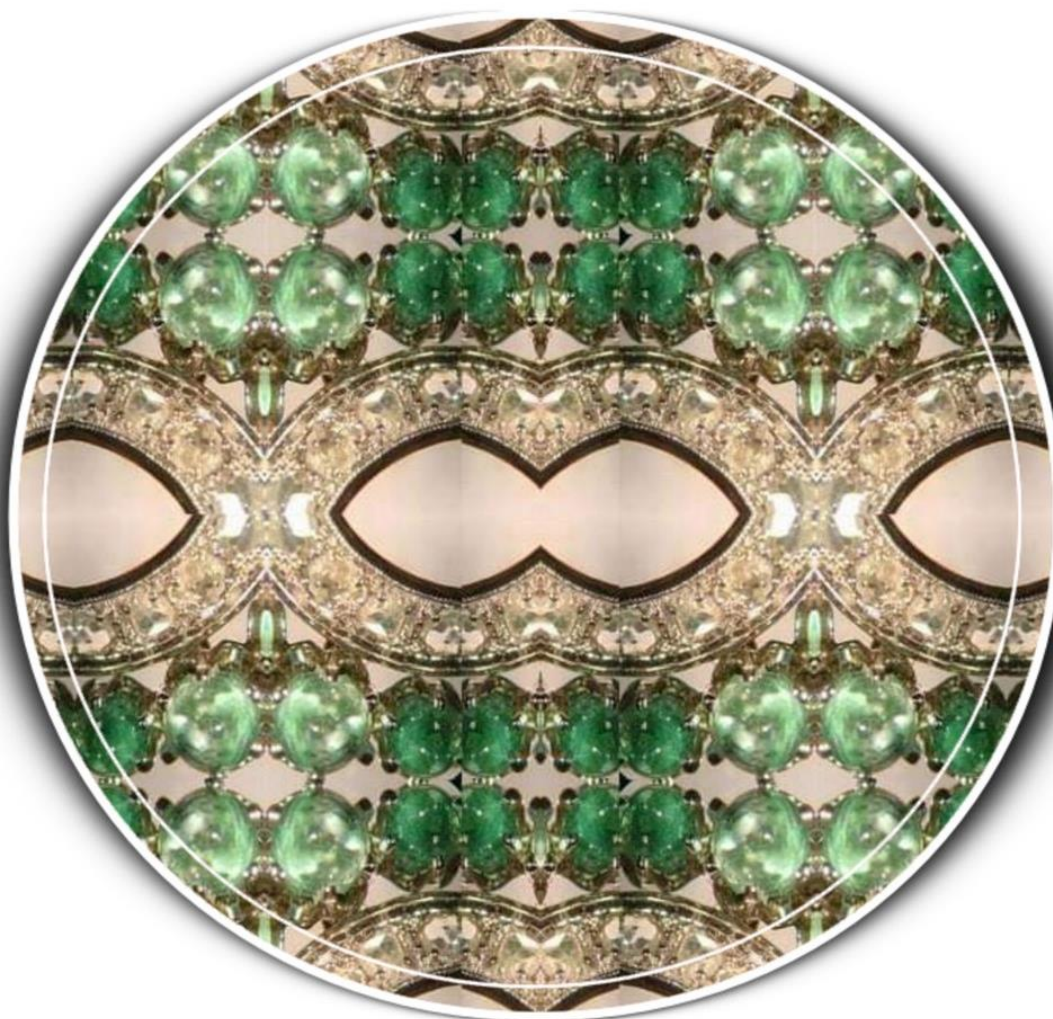


Figura 21 – Fotomanipulação feita em telemóvel, com vários algoritmos acessíveis e grátis, que a partir de modelos *standard* permitem a formatação com imagens à escolha. As imagens foram obtidas por simetrias de reflexão e translação, a partir de fotomicrografias de um alfinete à lupa estereoscópica, constituído por diamantes e esmeraldas em ouro branco, Fig. 18. Sugestão de imagens para merchandising de artigos de ourivesaria, Projecto Artesãos do Século XXI [16]. A gravura aqui simula uma placa de Petri, embora não se trate de uma reação química, neste caso. O design expedito a partir de algoritmos será objecto de uma outra publicação, embora tenham sido dados muitos exemplos nas redes sociais *Facebook* e *Instagram* [44]. Outro exemplo, com a mesma jóia é dado na Figura 22.

Na Fig.23, mostra-se uma pequena exposição permanente junto da Biblioteca do Instituto Superior Técnico, no Complexo Interdisciplinar, com amostras de cristais “On the Rocks”, redes cristalinas rigorosas de cristais Miramodus Molecular Models® e outros trabalhos de Ciência e Arte, que vão sendo atualizados e que fazem parte da oferta atual de atividades de divulgação da Química feita pelo Centro de Química Estrutural e DEQ no IST [3]. Os cubos giratórios em acrílico da Figura são uma novidade e mostram padrões decorativos de compostos inorgânicos feitos por regras de simetria simples e fotomanipulação a partir de fotomicrografias dos seus cristais e/ou reações à

lupa estereoscópica. Este projecto já deveria ter sido apresentado em várias exposições em Escolas e Bibliotecas que, entretanto, foram adiadas devido à pandemia. Algumas escolas sugeriram exposições virtuais uma das quais já está agendada para o arranque do próximo ano lectivo. Além dos padrões, nesta montra de atividades de divulgação estão expostos cristais “On the rocks”, cristalizadores com amostras apelativas para observação e redes cristalinas rigorosas de alguns compostos inorgânicos. Também foram incluídos alguns quadros com trabalhos anteriormente apresentados em Congressos, T-shirts e coleções de pequenos magnetes. A cedência destes materiais é gratuita.



Figura 22 – Montagens feitas a partir da fotomanipulação de fotomicrografias de uma jóia de ouro branco com diamantes, Figs 19-21, explorando o conceito de simetria de reflexão, translação e composição gráfica (ampliação 10x, em baixo à direita). Projeto Artesãos do Século XXI [16]. Mais exemplos na referência 44.



Clementina Teixeira

Figura 23 – Cubos rotativos com padrões dos seguintes compostos: alúmen de cromo, cristais dendríticos de prata e cobre obtidos por reações de deslocamento, dicromato de potássio e sulfato de cobre pentahidratado [5,12,18,44], apenas os que são visíveis na figura. Para mais exemplos consultar as referências indicadas nas Figs. 1,2. A bibliografia desta secção contém alguns vídeos que têm sido feitos com padrões decorativos deste tipo. Está em elaboração um atlas de imagem com os novos padrões desenvolvidos desde os finais de 2019 e que, devido à pandemia, não foram apresentados nos Congressos habituais, como é o caso dos que são organizados pela Casa das Ciências (17 comunicações apresentadas, 2013-2019). Os vários padrões serão organizados por compostos e distribuídos pelos Capítulos respectivos, num prolongamento do que já foi apresentado na ref. 2.

Na Fig. 24 mostram-se os preparativos de uma oficina/palestra que decorreu na Escola Ciência Viva, Encontro com o Cientista, com observação de cristais à lupa estereoscópica, cristais “On the Rocks” e ligação à Arte de Poen de Wijs, Jantina Peperkamp e também à Tabela Periódica. Aqui foram testadas placas de Petri com cristalizações e os resultados foram muito positivos, com alunos do 3º ano de

escolaridade, que serão apresentados num outro Capítulo, com uma maior ênfase para a ligação Ciência-Arte. Um dos elementos mais citados na palestra foi o fósforo, pelo que também se observaram cristais de dihidrogenofosfato de amónio, e muitas outras amostras muito coloridas. Na Figura podem observar-se as placas de Petri e cristalizadores que funcionaram como um ótimo equipamento didático. Algumas destas amostras estavam conservadas há mais de quinze anos, devidamente acondicionadas ao abrigo do pó, luz e humidade, pelo que os compostos nelas contidos podem ser usados como material didático de observação à lupa estereoscópica.



Figura 24 – Preparação do Encontro com o Cientista em 2019, sobre cristais, na Escola Ciência Viva, Pavilhão do Conhecimento [45].

6.2. Microscopia Química: reação ácido-base à lupa estereoscópica, HCl + NaOH com indicador universal de pH. Padrões decorativos e ligação à Tabela Periódica.

A reação do ácido clorídrico com soda cáustica é um clássico na abordagem das reações de ácido-base, acompanhada pelo chavão “ácido mais base dá sal mais água”, fazendo parte da lista obrigatória de reações para estudar à lupa estereoscópica, a chamada “lista de supermercado” [46], piada que acompanha sempre a divulgação das experiências de microscopia química [47] de garantido sucesso, mesmo para alunos com pouca experiência de laboratório. Além disso nesta reação forma-se NaCl, um dos sais que fizeram parte da lista das amostras observadas nos Laboratórios Abertos 2020 e que será apresentado noutra Capítulo, embora já o tenha sido antes [2]. Apesar deste sistema de ácido forte/base forte não ter sido escolhido para a parte experimental, a sua presença no evento foi assinalada pelos padrões decorativos que apareceram em fichas, magnetes, capas de álbuns, gravuras para quadros, T-shirts e muitos outros padrões integrantes da Exposição “Artesãos do Século XXI” [16,48], Fig. 25. Aprendeu-se muito com esta reação no contexto de otimizar a observação à lupa estereoscópica. De facto, sendo uma das primeiras a ser estudada, foi necessário ajustar as condições experimentais para ter sucesso nas fotomicrografias: quando se utilizaram os reagentes em solução aquosa diluída e com um indicador, o resultado não foi nada apelativo, devido à homogeneidade do meio, com as cores muito esbatidas e sem contrastes. Ao fim de várias tentativas, chegou-se à conclusão de que as reações à lupa se tornavam mais apelativas quando se trabalhava com mais do que uma fase, provocando descontinuidades no meio a observar, para obter sombras e contornos que davam maior realce às fotomicrografias. E essa constatação é uma constante em microscopia.

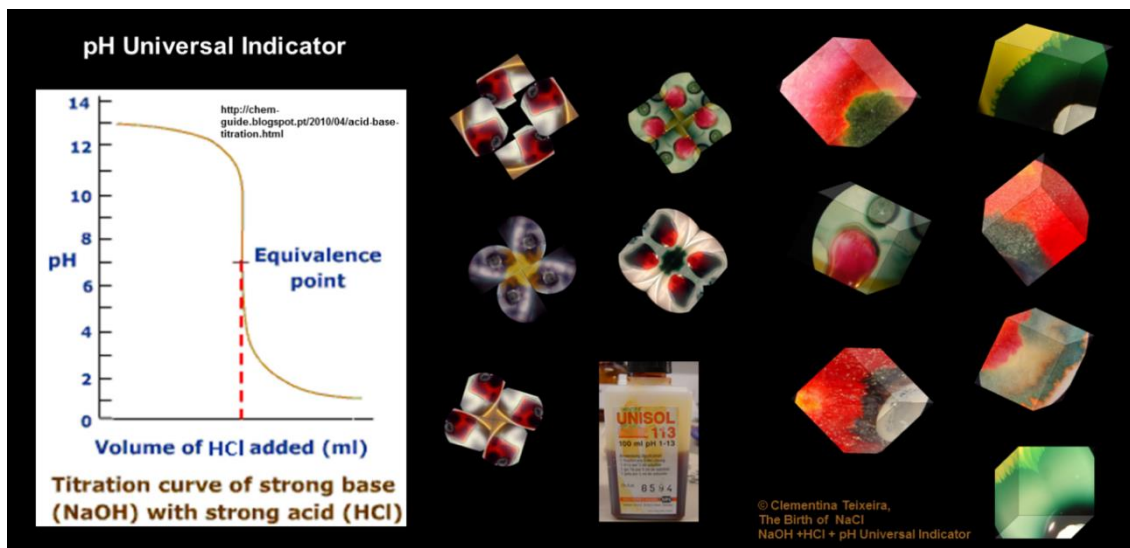


Figura 25 – Curva potenciométrica para ácido/base forte, HCl + NaOH, mostrando o ponto de equivalência a pH 7, a grande variação de pH entre os dois patamares a pH constante e vários padrões decorativos construídos com as fotomicrografias da reação: motivos obtidos por regras de simetria simples, reflexão, rotação e cubos formatados com as fotomicrografias (os avatares usados como fotos de perfil no *Facebook*). O indicador universal de pH, que dá a maior variedade de cores também aparece na figura [49], *vide* as cores nas Figs. 26,27.

Em vez de utilizar as soluções optou-se, assim, por fazer reagir uma pastilha de soda cáustica com uma ou duas gotas de HCl (0.1 M), em presença de 2-3 gotas de indicador universal de pH concentrado (diluído a cor fica muito desmaiada). Tratando-se de uma reação entre um ácido forte e uma base forte, a variação de pH que ocorre no ponto de equivalência é muito grande, como se demonstra na Fig. 25. Por isso mesmo temos acesso a uma enorme variedade de cores do indicador universal de pH. Este reagente é na realidade uma mistura de vários outros e para uma grande variação de pH durante a reação, como é o caso, é possível filmar e registrar em fotomicrografia todas as cores dos fatos da Rainha de Inglaterra, imagem que se tornou viral nas redes sociais, como se mostra nas Figs. 26,27 [50,51].



Figura 26 – Memes virais nas redes sociais. São estas as cores que se conseguem detectar em instantâneos de um pequeno videoclip da reação $\text{HCl} + \text{NaOH}$ em presença do indicador universal de pH [50].


Fizeram-se ensaios em placa de Petri, colocando primeiro a pastilha de soda cáustica, as gotas de indicador e depois uma ou duas gotas do ácido, seguindo-se a observação à lupa estereoscópica. Também se repetiu a experiência invertendo a ordem de adição e ainda, utilizando como base uma folha de papel de filtro, e até mais do que uma pastilha de NaOH. Foi também usado extracto de couve roxa, mas não resultou, mesmo quando concentrado, e a sequência de cores também não é a mesma, pelo que a comparação acaba por ser muito confusa. Os resultados em videoclips e fotomicrografias ficaram espetaculares e foram divulgados em Congressos [17,23,28,30,48], palestras nas escolas, slides de Ciência e Arte [51] e nas redes sociais [10]. Em larga escala e na forma de gifs foi feita divulgação na rede Google+, que já não existe (o que é uma pena!), passando os resultados depois para a *Researchgate* e *Pinterest*. A coleção abrange álbuns, capas de blocos, individuais de servir à mesa, gravuras [16], videoclips e mais recentemente padrões de simetria feitos pelo *GeCla* (Associação Atractor) e por fotomanipulação misturando várias aplicações de design feitas para telemóveis [10]. Nas figuras que se seguem são dados exemplos de alguns dos materiais da coleção.





Figura 27 – Memes virais nas redes sociais, de autor desconhecido [52]. São estas as cores que se conseguem detectar em instantâneos de um pequeno videoclip da reação $\text{HCl} + \text{NaOH}$ em presença do indicador universal de pH concentrado. As duas últimas posições da rainha estão trocadas. Com base nestes memes e com os resultados da reação foi apresentada uma nova proposta de padrão para os fatos, às bolinhas, *vide* Figs. 28,29.








Figura 28 – Uma proposta de padrão diferente, para os fatos da rainha, às bolinhas, formatadas com as fotomicrografias (20x) da reação $\text{HCl} + \text{NaOH}$. É melhor usar já, antes que se torne numa piada de mau gosto. Nas Figs. 29,30, podem observar-se mais exemplos deste tipo e algumas das fotomicrografias originais.



Nascimento do Cloreto de Sódio

 **Indicador Universal de pH, 20x** 

$\text{HCl (aq)} + \text{NaOH (c)} \rightarrow \text{NaCl (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)}$

<p>H ☁ ⚛ 1 Hydrogen</p>  <p>Sun and Stars</p>	<p>Cl ☁ ⚛ 17 Chlorine</p>  <p>Swimming Pools</p>	+	<p>Na ⚭ ⚛ 11 Sodium</p>  <p>Salt</p>	<p>O ☁ ⚛ 8 Oxygen</p>  <p>Air</p>	<p>H ☁ ⚛ 1 Hydrogen</p>  <p>Sun and Stars</p>
--	---	---	---	---	--

IYPT2019. Clementina Teixeira <https://elements.wlonk.com>

Figura 29 – As fotomicrografias (20x) da reação $\text{HCl} + \text{NaOH}$, encarada como o “nascimento” do cloreto de sódio foram usadas na formatação de círculos e combinadas com as fichas da Tabela Periódica de Keith Enevoldsen. Exemplos destas fotomicrografias são dados na Fig. 30.

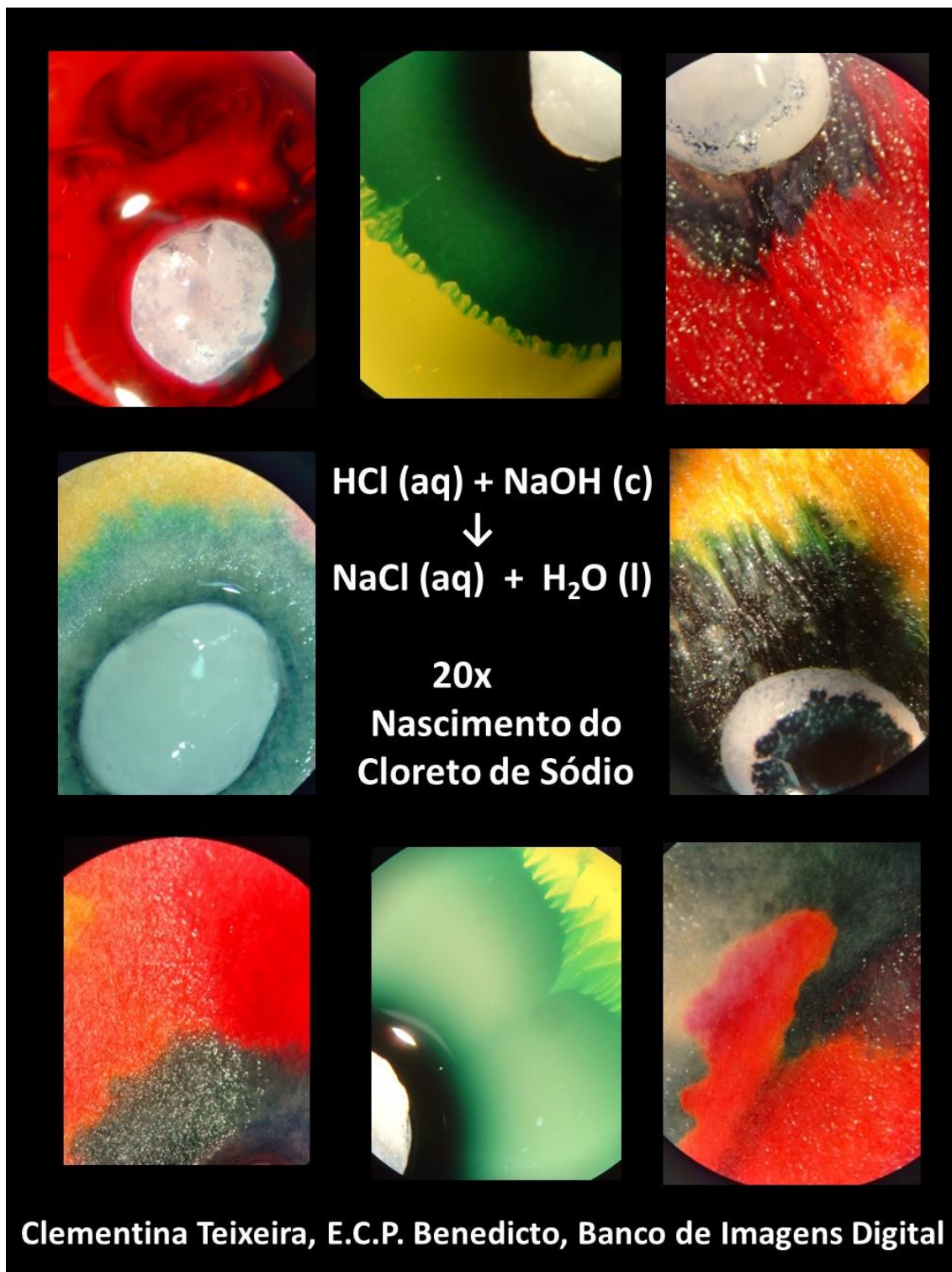


Figura 30 – As fotomicrografias (20x) da reação $\text{HCl} + \text{NaOH}$, encarada como o “nascimento” do cloreto de sódio. Gravuras deste tipo foram usadas como capas de blocos de apontamentos, na Exposição “Artesãos do Século XXI” [16,46]. A coleção de blocos designa-se por “Os meus apontamentos de Química”, reunindo muitos resultados conseguidos nas aulas de laboratório. Imagens da reacção feita em placa de Petri e em papel de filtro.

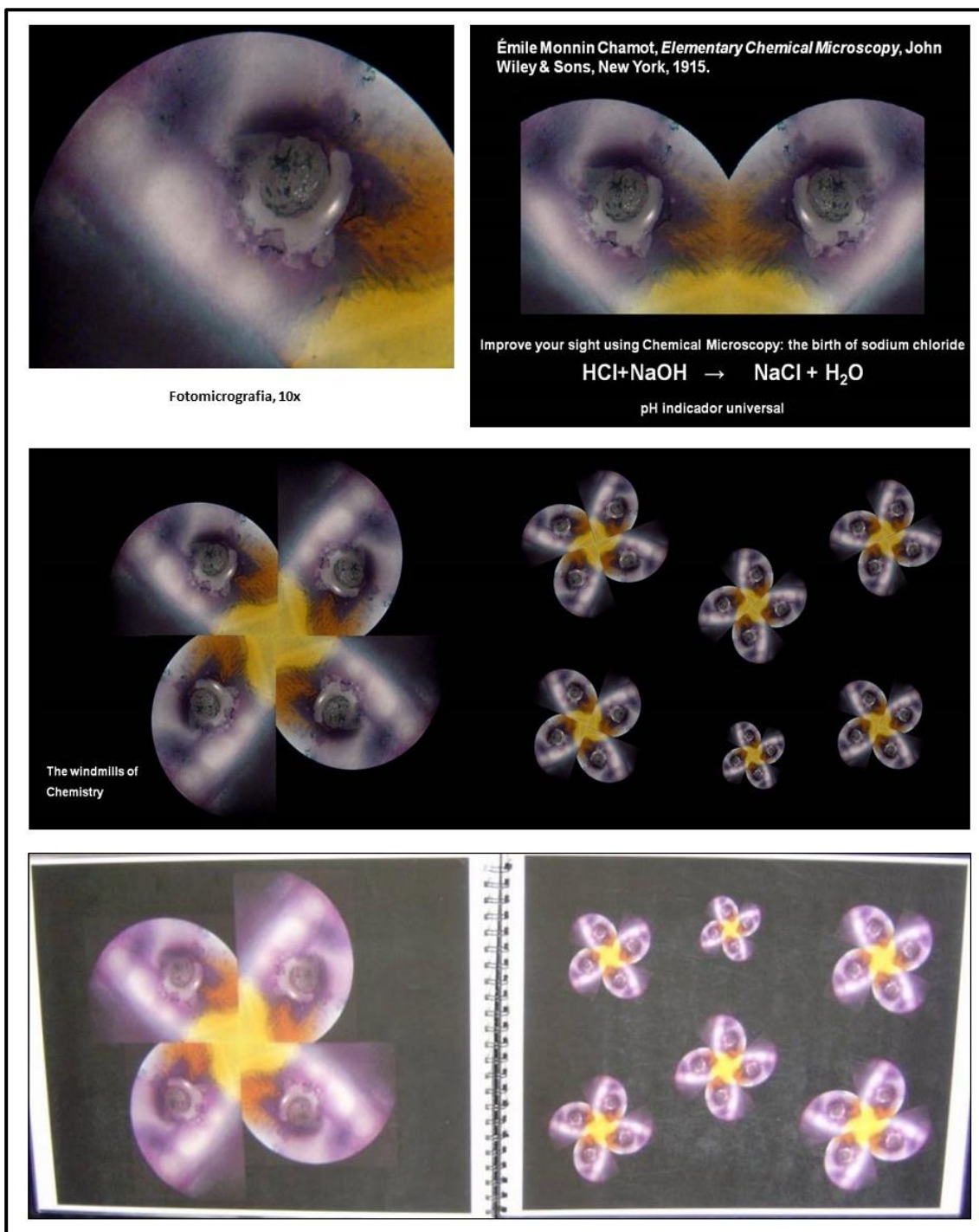


Figura 31 – Um instantâneo de um pequeno videoclip da reação permitiu escolher o motivo, ampliação de 10x, primeira figura do esquema. Aí se observa a pastilha de NaOH e as várias zonas de pH que se formaram por não haver agitação do meio (consultar Sua Majestade para os valores de pH!). A figura do mocho, obtida por simetria de reflexão, foi uma das primeiras a ser divulgada. Em seguida por simetria de rotação obtém-se um “moinho de vento” que se repetiu de forma aleatória para formar outra gravura [53]. Todas elas foram ligadas à Arte de Poen de Wijs e utilizadas como capa e contracapa de álbuns na Exposição Artesãos do Século XXI [16]. Para mais figuras de máscaras de mocho e de abutre, conseguidas com a mesma reacção, consultar a Fig. 11 e respectivas referências.



Figura 32 – Vários instantâneos de pequenos vídeos permitiram construir padrões decorativos da série “Windmills of Chemistry”, apenas recorrendo ao programa Power Point, com rosáceas obtidas por simetria de rotação que foram combinadas com a Arte de Poen de Wijs, num projecto designado por “soprar”. A última fotomicrografia com ampliação de 10x mostra a gota de HCl, em vermelho, meio ácido, prestes a reagir com a pastilha de soda cáustica, rodeada de solução verde. Ao centro, padrões decorativos obtidos por simetria de reflexão (dois eixos de simetria). Construíram-se álbuns e depois de usados até à exaustão em exposições nas escolas, foram convertidos em magnetes como se mostra nas duas primeiras figuras [16,53,54]. Mais exemplos na Fig. 33.

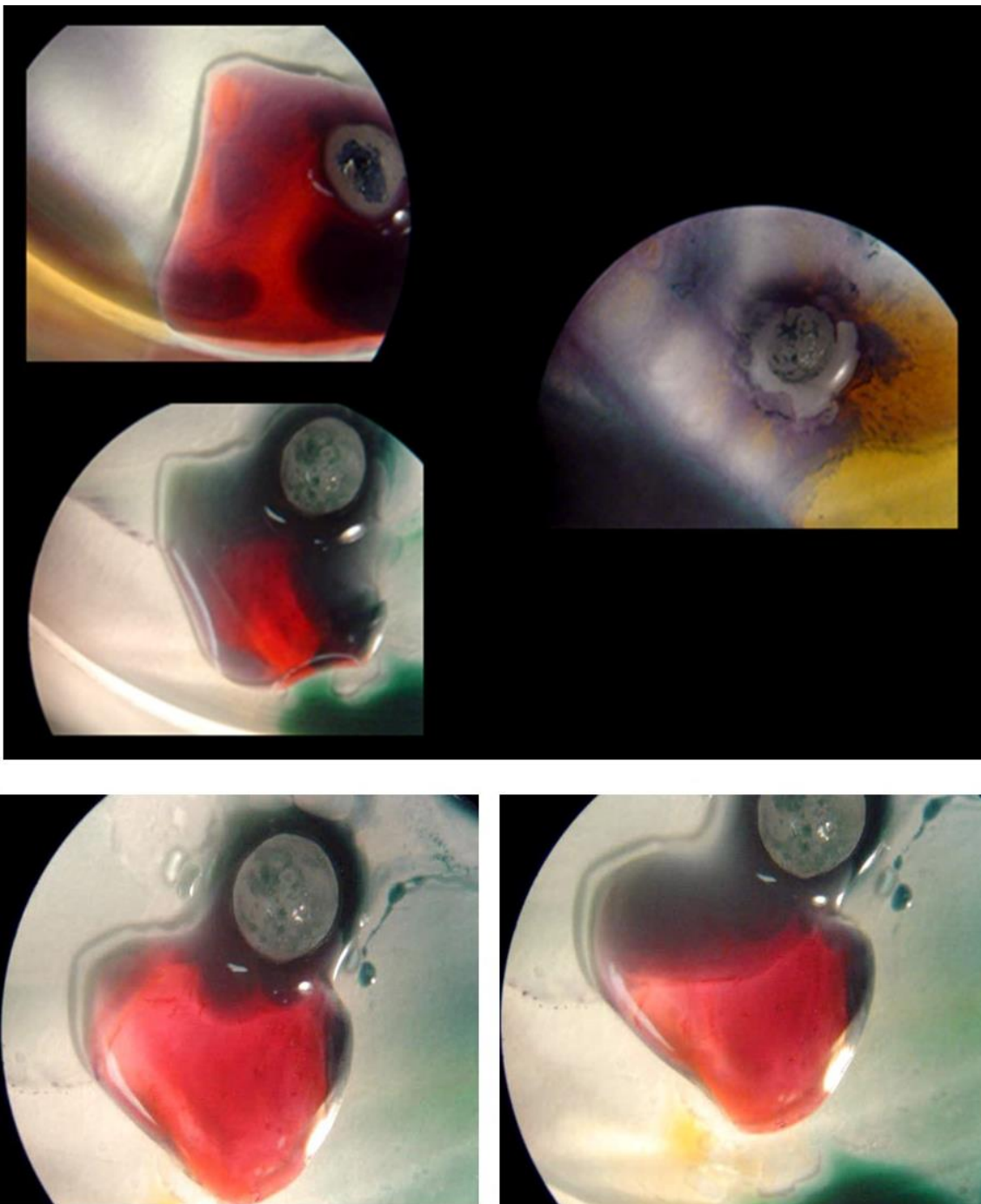


Figura 33 – Mais instantâneos de videoclips para esta reação (10x), usados como motivos total ou parcialmente para gerar padrões decorativos com o PowerPoint® e com outros programas. As rosáceas foram utilizadas para fazer capas de álbuns (Fig. 32) e outros artigos da exposição Artesãos do Século XXI. Ao deixar evaporar a água, nas experiências feitas em placas de Petri, formaram-se cristais de cloreto de sódio coloridos, mas muito feiinhos. Por isso estas experiências foram incluídas numa série designada por “nascimento do cloreto de sódio”.

A ligação da Microscopia Química [47] à simetria foi um processo lento, que começou com regras muito simples de reflexão, rotação, translação e reflexão deslizante, como se viu, em parte, nas Figs. 31,32, dirigido sobretudo para trabalhos com crianças. Na

altura de adesão à rede social *Facebook* em 2009, o projecto Ciência Viva “A Química Descobre a Criança” (CV/VI/ID976) explorou bastante a construção de “moinhos de vento” (“windmills of Chemistry”) com simetria de rotação [51] para aplicações em papel para origami e também a construção de máscaras para crianças por simetria de reflexão (um e dois eixos de simetria) usando fotomicrografias de reações e outras de objectos comuns [42]. Também no Pavilhão do Conhecimento, Ciência Viva, houve muitas apresentações de roteiros de turismo científico sobre as simetrias da calçada portuguesa, dos bordados nos lenços de Viana do Castelo, sessões essas que foram determinantes para firmar a motivação neste tipo de projecto. Ainda no FB foram divulgados trabalhos de simetria com rendas, bordados e até tapetes de flores nas festas populares das ilhas. Junto do Instituto Superior Técnico, em Lisboa, existem passeios de calçada portuguesa com esses mesmos “moinhos” ou ventoinhas, construídos em basalto negro com rotações de 90° e assim tudo se conjurava para a inclusão da simetria e a sua ligação à microscopia e à Química. A ligação à Arte, principalmente a de Poen de Wijs, foi desenvolvida no *Facebook* a partir de Abril de 2013, com essas mesmas simetrias e os moinhos químicos foram incluídos num projecto mais geral, o “Soprar”, com ilustrações de crianças pintadas por Poen, a soprar em moinhos de papel, mas também em bolas de sabão, dentes-de-leão e com gifs de Ciência e Arte onde também se incluíam as experiências com neve carbónica e azoto líquido [55]. Nesse mesmo ano o projecto contou com o envolvimento de Professores de Matemática, Físico-Química e Biologia e foi apresentado o primeiro Poster de Química, Biologia e Simetria no primeiro Congresso da Casa das Ciências [56]. Apesar de não ter havido continuidade do projeto depois desta apresentação, a ligação à simetria foi muito melhorada graças aos Congressos da Casa das Ciências: uma plenária excepcional de cristalografia/simetria do Professor da Universidade do Porto Frederico Sodré Borges [57], em 2014, no âmbito do Ano Internacional da Cristalografia, parecia ser feita de propósito para os projectos de cristais químicos, com a Arte de Escher, as simetrias no plano e tridimensional dos cristais. Estava tudo a bater certo para que o projecto se desenvolvesse, procurando também associar a ele professores de Geologia e de Matemática. Mais tarde, em 2016, dá-se novo salto qualitativo com a espectacular Exposição de Simetria da Associação Atractor, do Prof. Arala Chaves, pela mão do próprio e principalmente da sua colaboradora Ana Cristina Oliveira, no III Congresso Internacional da Casa das Ciências

[58]. Foi aí que se começou logo a utilizar o programa Gerador e Classificador de Simetrias *GeCla*, como uma espécie de caixa negra em que de um lado entrava a fotomicrografia da experiência de Química à lupa e do outro lado saía um friso, uma rosácea e padrões lindíssimos e originais, alguns deles exibidos nas próximas figuras.

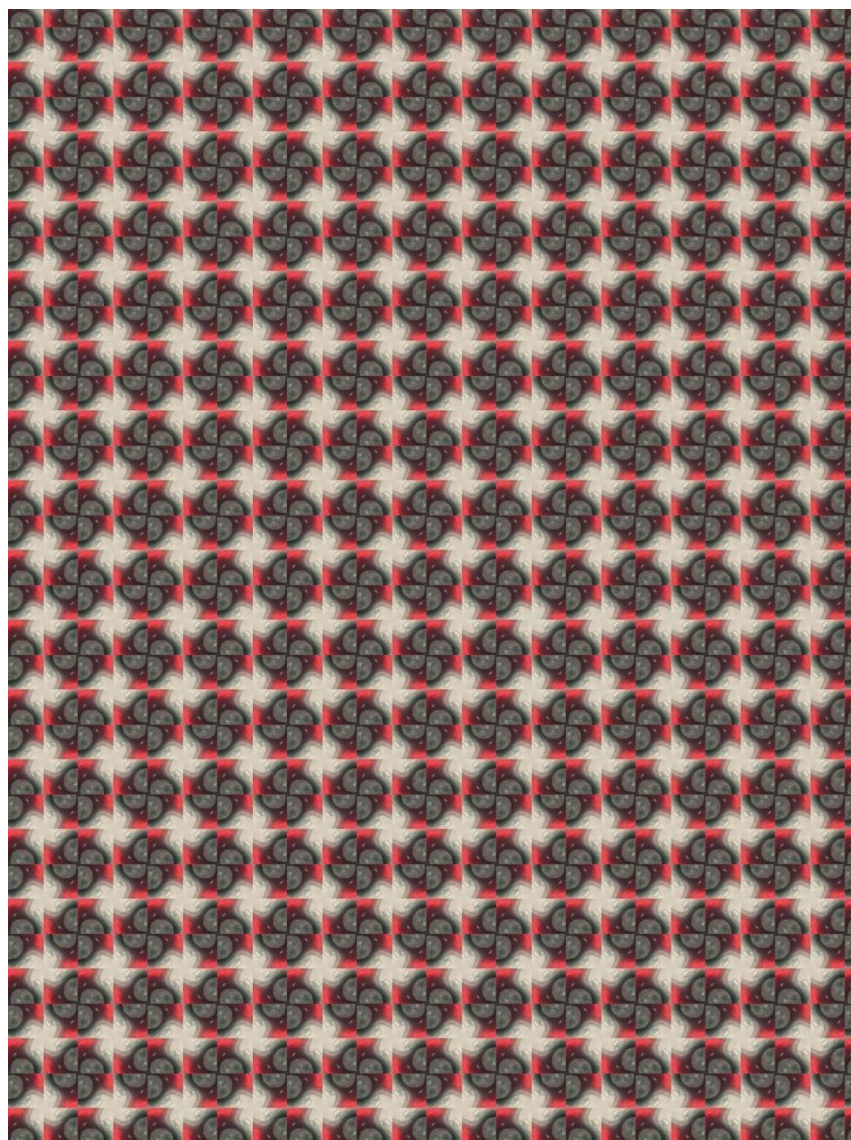


Figura 34 – Padrão p4, *GeCla*, nascimento do NaCl, construído a partir da fotomicrografia de uma gota de HCl com uma pastilha de NaOH em presença de indicador universal de pH, reação fotografada à lupa estereoscópica, Fig. 33, em baixo à esquerda (ampliação da fotomicrografia 10x).

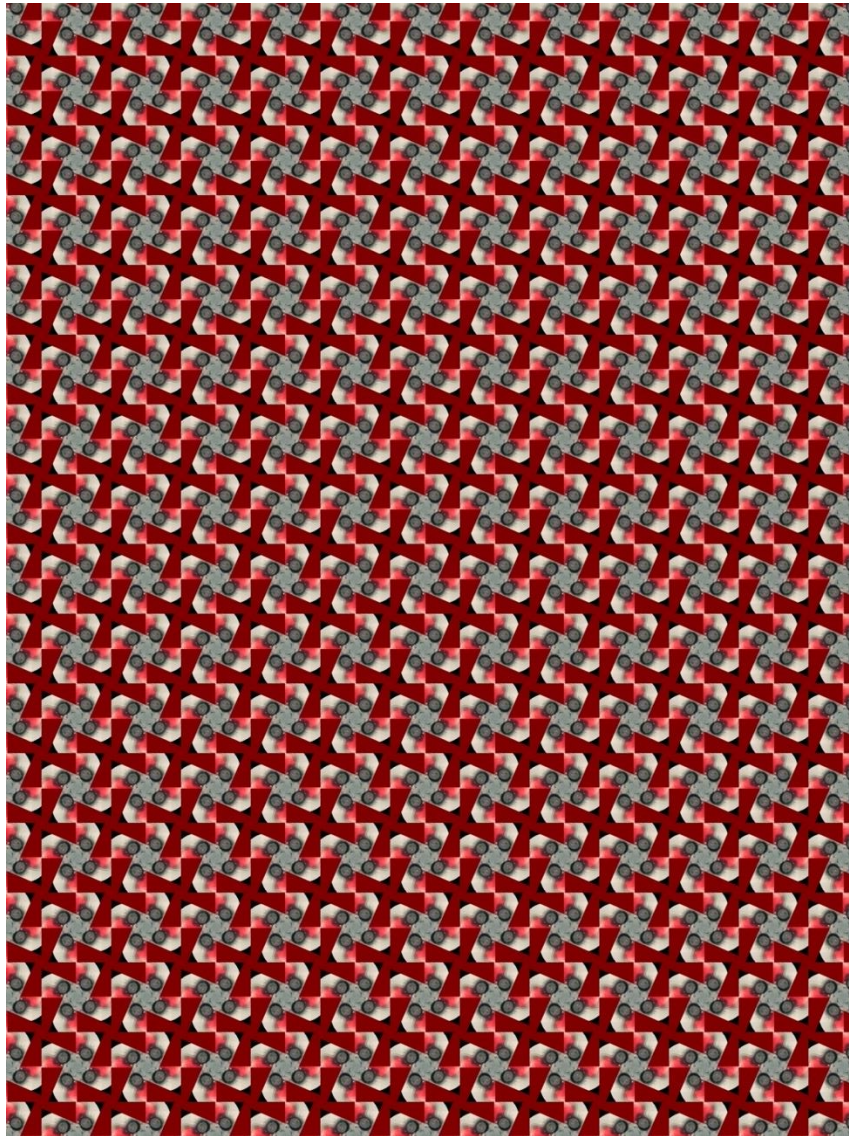


Figura 35 – Padrão p4, *GeCl₄*, nascimento do NaCl, construído a partir da mesma fotomicrografia que foi usada na Fig. 34, mas escolhendo uma outra parte da foto como motivo. Reação fotografada à lupa estereoscópica, Fig. 33, em baixo à esquerda (ampliação da fotomicrografia 10x).

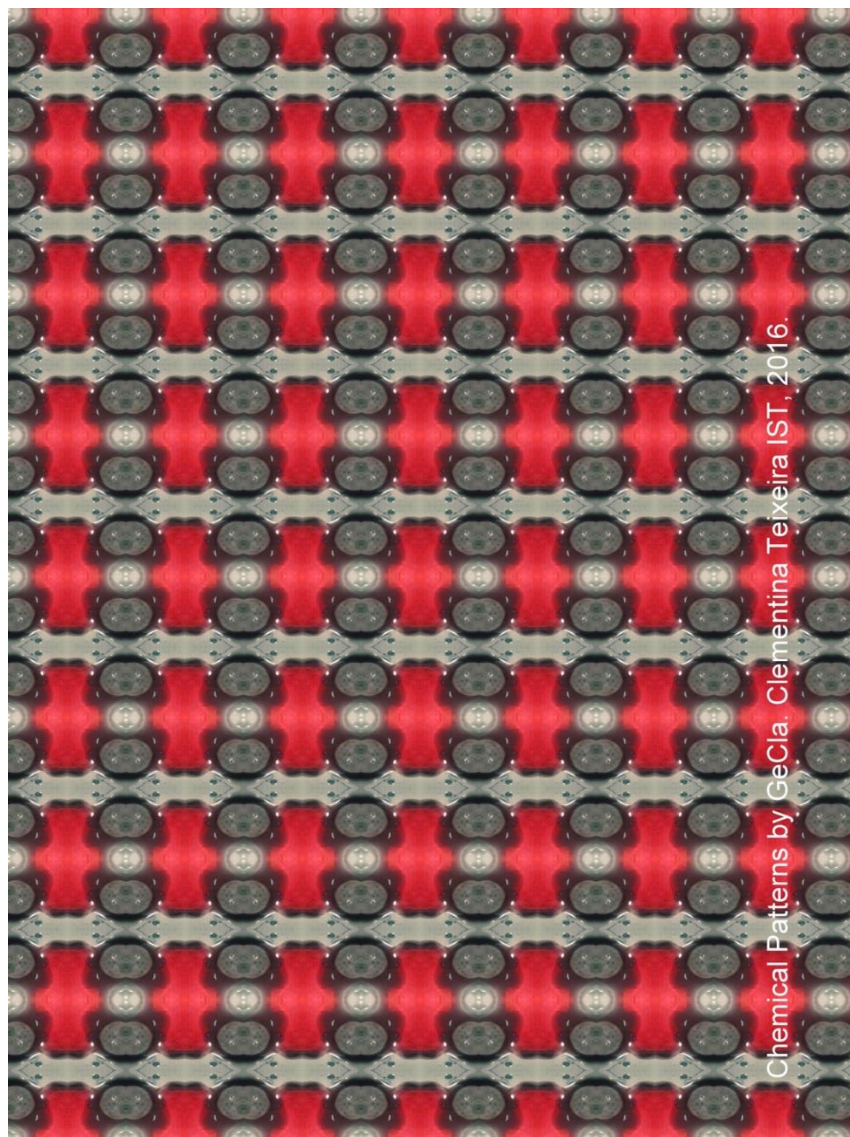


Figura 36 – Padrão pmm, *GeCla*, nascimento do NaCl, construído a partir da mesma fotomicrografia que foi usada na Fig. 34, mas escolhendo uma outra parte da foto como motivo. Reação fotografada à lupa estereoscópica, Fig. 33, em baixo à esquerda (ampliação da fotomicrografia 10x).

Neste Capítulo não se faz a classificação destes padrões, nem tão pouco se indica o sector da fotomicrografia que foi usado como motivo para gerar o padrão. De facto, o entusiasmo ao ver os resultados foi tão grande que nem foram tomadas notas explicativas sobre o processo de obtenção de cada caso. Essa demonstração será feita numa outra publicação com exemplos de botânica (dentes-de-leão e flores silvestres) e sais de ferricianeto de potássio, cuja obtenção foi mais cuidadosa. Em 2017, durante uma workshop realizada no IST durante o IV Encontro da Casa das Ciências foram apresentados mais padrões reunidos em gifs e shows de PowerPoint®, associados à Arte

de Poen de Wijs e de Jantina Peperkamp. Alguns dos exemplos foram posteriormente disponibilizados em Congressos, vide, Figs. 11,14,15. Este tipo de projecto é uma clara demonstração em como a divulgação colaborativa de Ciência (Química, Geologia, Matemática) se poderá tornar muito mais proveitosa incluindo também a ligação à Arte. Nas figuras que se seguem, os padrões, rosáceas e friso foram construídos com o mesmo programa utilizando a fotomicrografia da Fig. 32, em baixo, à direita.

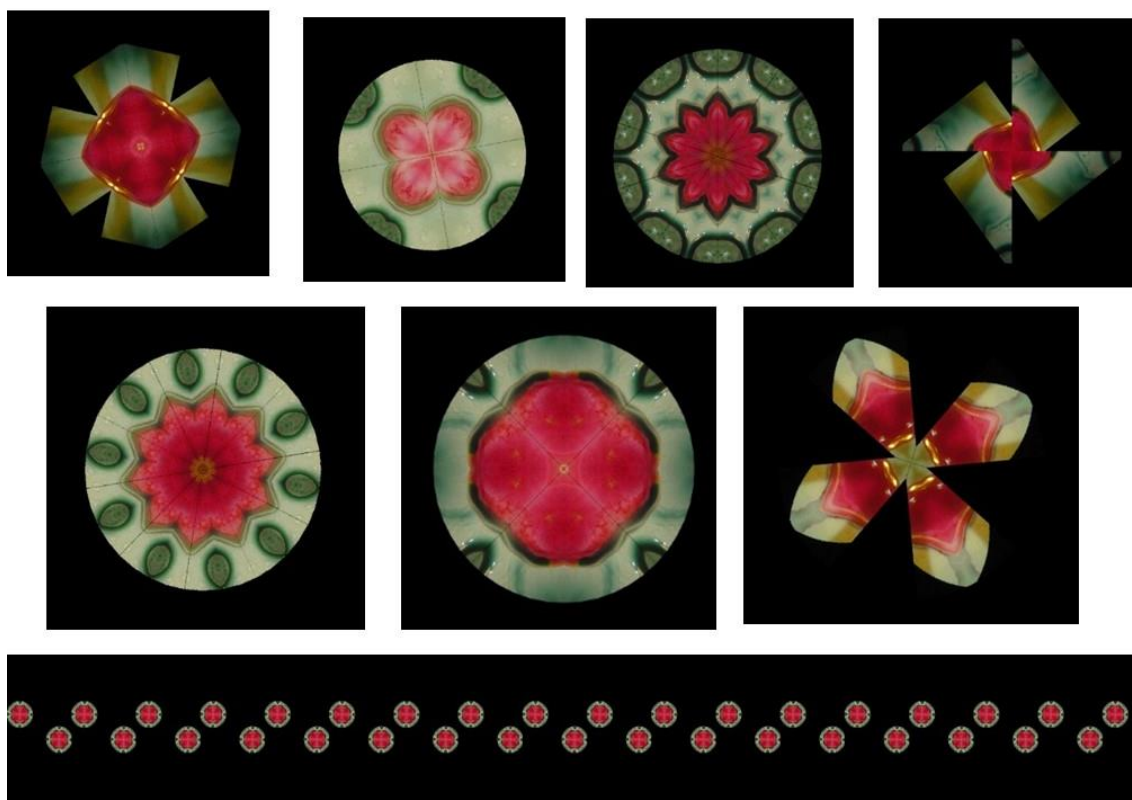


Figura 37 – Rosáceas e um friso construído a partir de uma delas com o programa *GeCla*, este último também apresentado em congresso, Fig. 11. Não esquecer de que se trata de geração de cores por reação química observada à lupa estereoscópica, 10x, nas mesmas condições das Figs. 34-36, para a reação $\text{HCl} + \text{NaOH}$. A fotomicrografia de onde saíram os motivos está na Fig. 32, em baixo, à direita. A mesma reação, portanto, mas uma outra fotomicrografia.

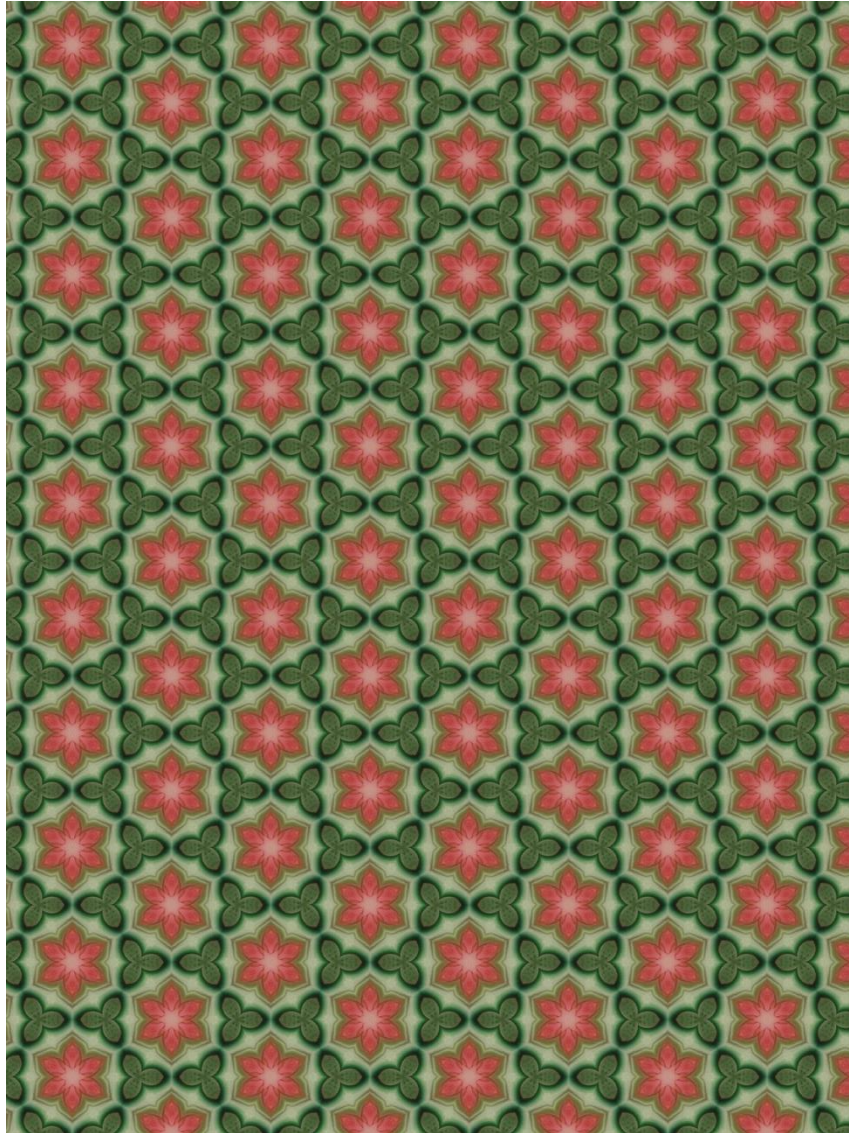


Figura 38 – Padrão p6m, *GeCl₄*, nascimento do NaCl, construído a partir da mesma fotomicrografia que foi usada na Fig. 37, mas escolhendo uma outra parte da foto como motivo. Reação fotografada à lupa estereoscópica, Fig. 32, em baixo à direita (ampliação da fotomicrografia 10x).

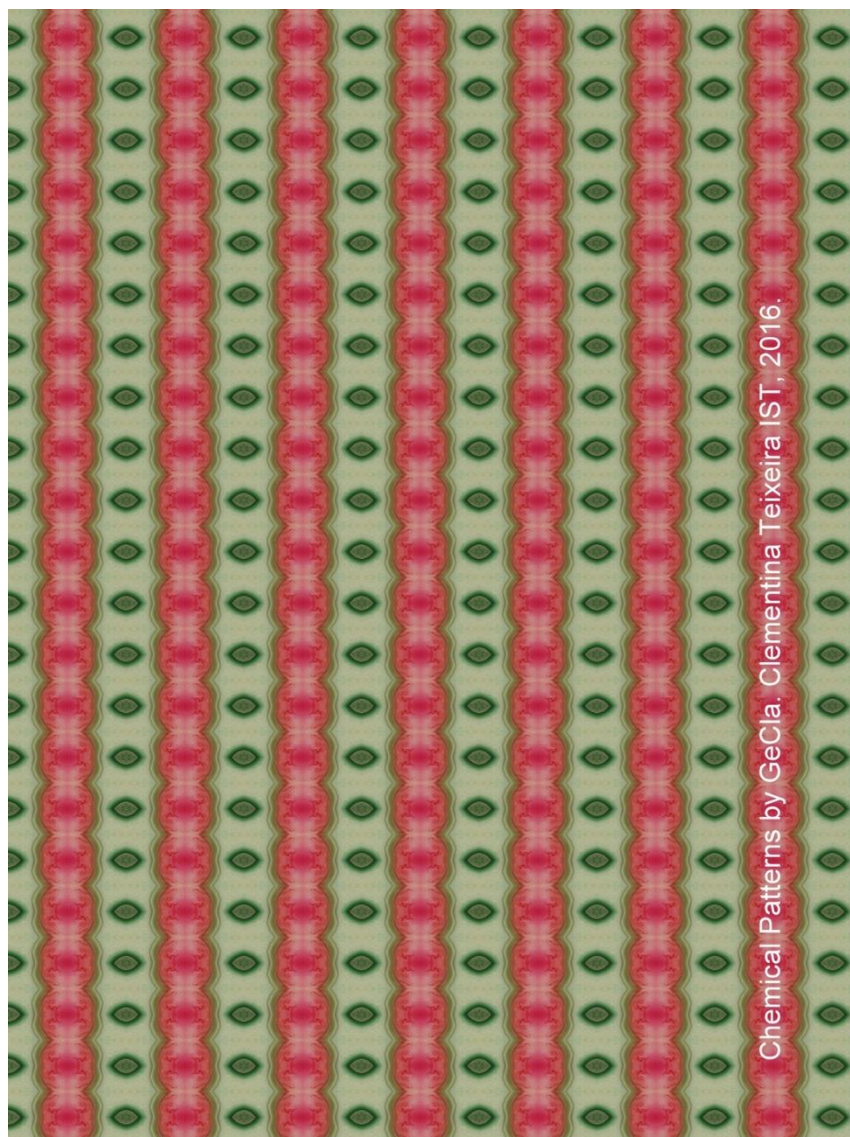


Figura 39 – Padrão pmm, *GeCla*, nascimento do NaCl, construído a partir da mesma fotomicrografia que foi usada nas Figs. 37,38, mas escolhendo uma outra parte da fotomicrografia como motivo. Reação fotografada à lupa estereoscópica, Fig. 32, em baixo à direita (ampliação da fotomicrografia 10x).

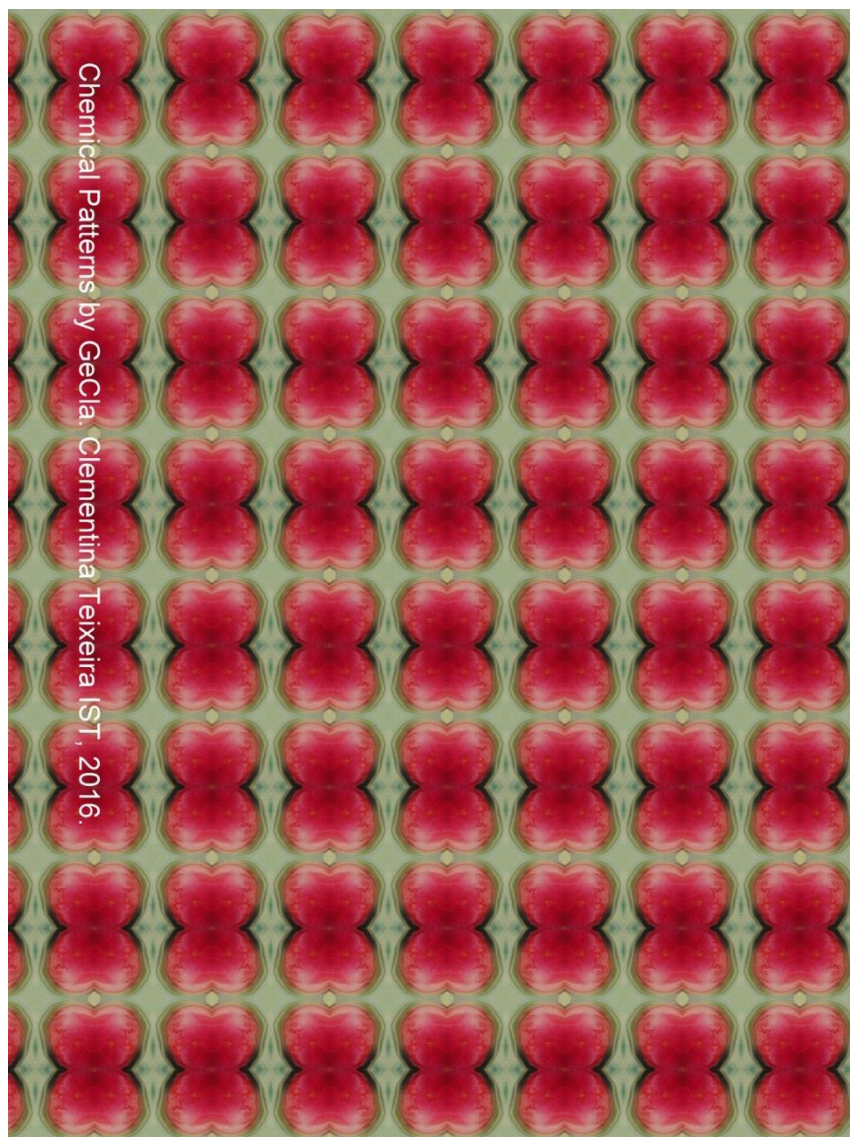


Figura 40 – Padrão pmm, *GeClá*, nascimento do NaCl, construído a partir da mesma fotomicrografia que foi usada nas Figs. 37-39, mas escolhendo uma outra parte da fotomicrografia como motivo. Reação fotografada à lupa estereoscópica, Fig. 32, em baixo à direita (ampliação da fotomicrografia 10x).

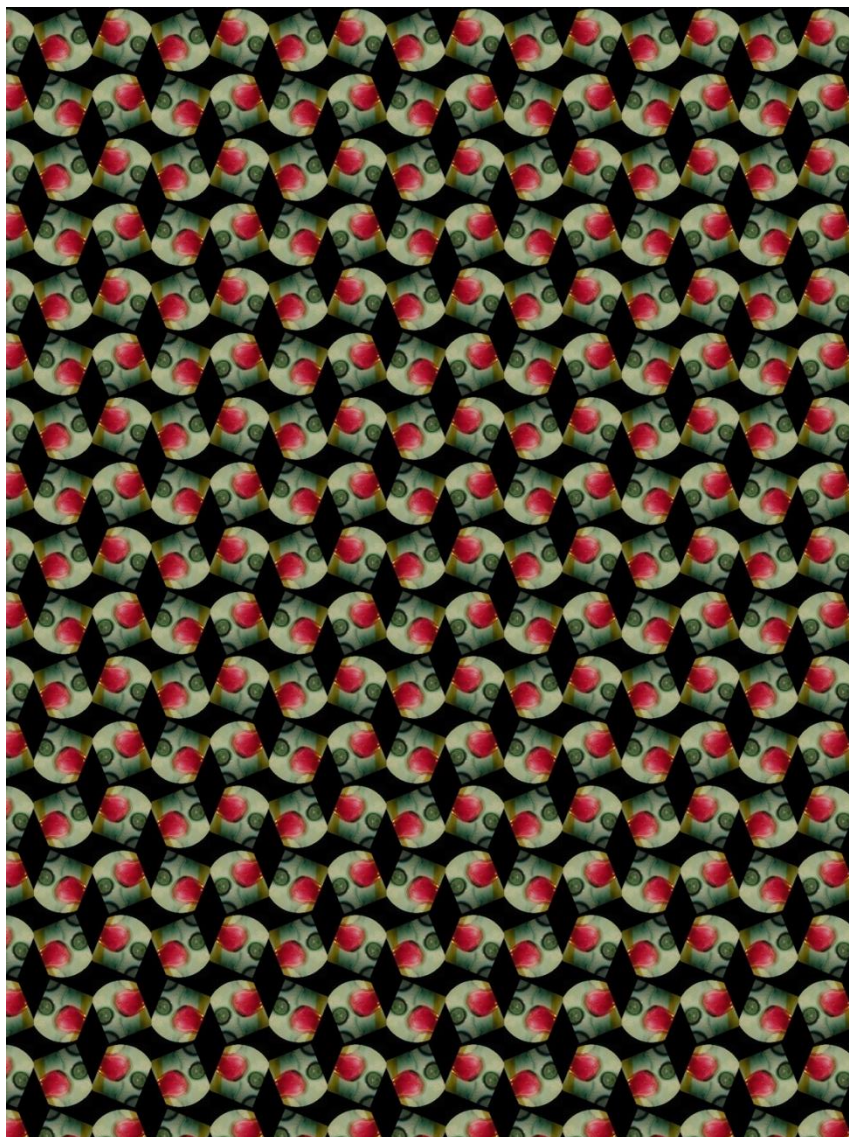




Figura 41 – Padrão *GeCl₄*, nascimento do NaCl, construído a partir da mesma fotomicrografia que foi usada nas Figs. 37-40, mas escolhendo como motivo a fotomicrografia completa, que se pode observar na Fig. 32, em baixo, à direita (ampliação 10x).


Fecha-se este capítulo, com mais alguns exemplos de fichas dedicadas ao Hidrogénio, à semelhança do que foi feito na Fig. 29, utilizando a Tabela Periódica de Keith Enevoldsen.

HCl (aq) + NaOH (c) elements.wlonk.com

Lupa estereoscópica, 20x, papel de filtro

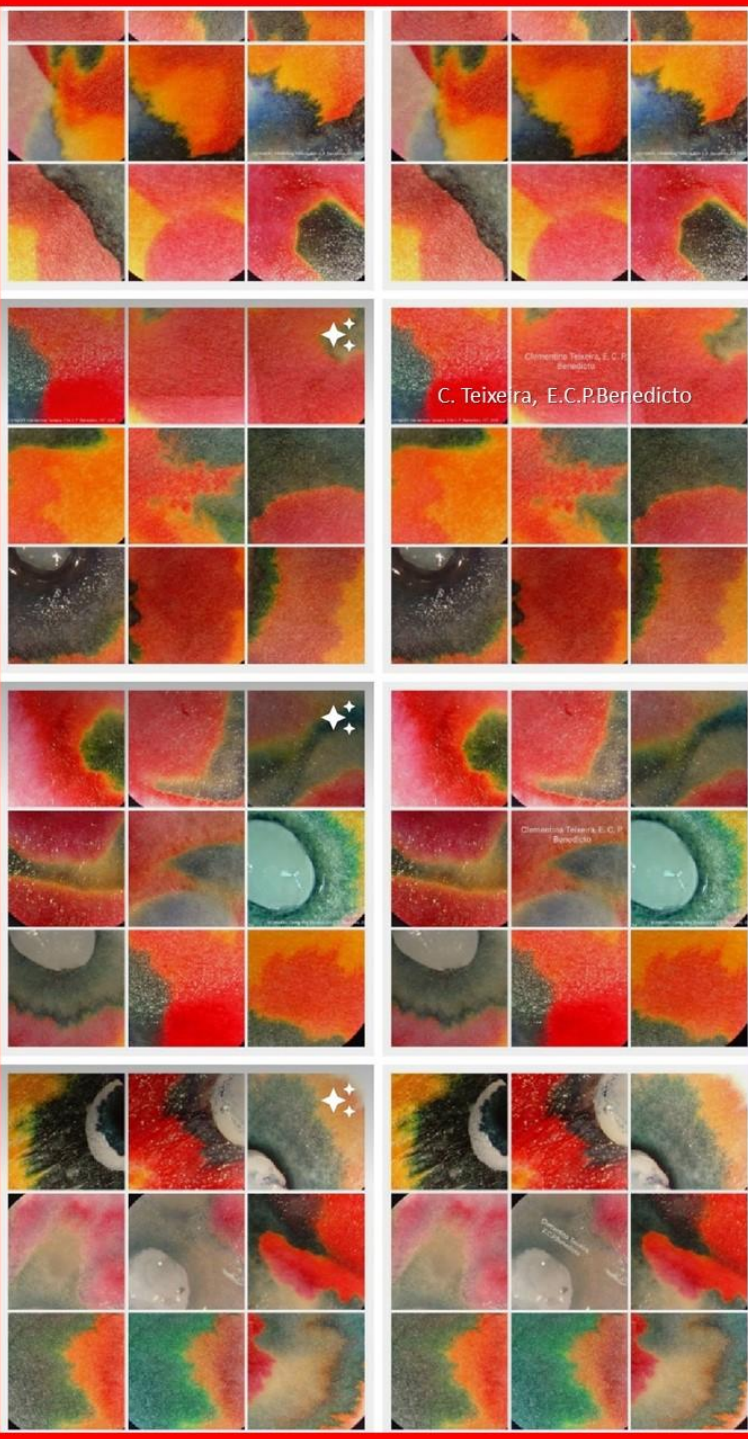



H \oplus 1
Hydrogen



Sun and Stars

H Hydrogen 1
explosive gas,
lightest element;
90% of atoms in
the universe,
sun and stars,
water (H₂O),
life's organic
molecules



É o Protão o Responsável por Esta Situação IYPT 2019

Figura 42 – Reação HCl +NaOH com indicador universal de pH, lupa estereoscópica 20x [59,60].

H ☁️ ⚙️ 1
Hydrogen
Keith Enevoldsen
Sun and Stars
elements.wlonk.com

H Hydrogen 1
explosive gas,
lightest element;
90% of atoms in
the universe,
sun and stars,
water (H₂O),
life's organic
molecules
elements.wlonk.com

HCl (aq) + NaOH (c)
Lupa estereoscópica, 20x
Papel de filtro, Indicador
Universal de pH



H ☁️ ⚙️ 1
Hydrogen
Sun and Stars
elements.wlonk.com







Clementina Teixeira, Erik C. P. Benedicto, Fotomicrografias


**Clementina Teixeira
IYPT2019
Ano Internacional da
Tabela Periódica 2019.**






**O Salto do Protão H⁺ (aq)
entre um ácido e uma base**

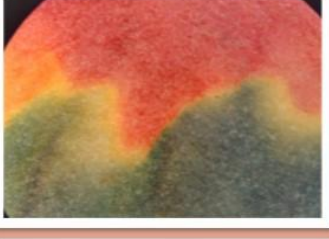
H ☁️ ⚙️ 1
Hydrogen
Keith Enevoldsen
Sun and Stars
elements.wlonk.com

H Hydrogen 1
explosive gas,
lightest element;
90% of atoms in
the universe,
sun and stars,
water (H₂O),
life's organic
molecules
elements.wlonk.com





H ☁️ ⚙️ 1
Hydrogen
Sun and Stars
elements.wlonk.com




Clementina Teixeira, Erik C. P. Benedicto, Fotomicrografias

**Clementina Teixeira
IYPT2019
Ano Internacional da
Tabela Periódica 2019.**

**O Salto do Protão H⁺ (aq)
entre um ácido e uma base**

Um protão errante, saltando de um ácido HCl (aq) para uma base NaOH(c), em "cama" de papel de filtro, "temperado" com umas gotas de indicador universal de pH, e observado à lupa estereoscópica, com ampliação de 20x. Das minhas aulas de laboratório, de Microscopia Química. Fotomicrografias, E.C.P.Benedicto (aluno Erasmus IST 2009).

Figura 43 – Exemplo de duas fichas divulgadas no Ano Internacional da Tabela Periódica 2019 para o Hidrogénio, H⁺(aq), responsável pela acidez das soluções e em reação com NaOH, pastilha, em presença de indicador universal de pH (concentrado). Estas reacções foram fotografadas à lupa estereoscópica feitas sobre papel de filtro e em caixa de Petri [59,60]. As fichas da Tabela Periódica de Keith Enevoldsen juntaram-se às imagens, neste caso para o hidrogénio, o elemento mais importante neste caso, dado que a sua concentração vai ter influência na cor do indicador.



Figura 44 – A divulgação na rede social Facebook na forma de Histórias tem um aspecto gráfico agradável e dá informação sobre os seguidores mais assíduos.

A outra grande vantagem do FB é poder saber o alcance e a estatística de cada publicação [59,60].

Agradecimentos

Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal, Centro de Química Estrutural – Project UIOB/00100/2020 (utilização de equipamento). Este trabalho foi financiado pela autora.

Bibliografia e Notas

[1] Clementina Teixeira, Dulce Simão, Anabela Graça, “Observação de cristais à lupa estereoscópica e sua articulação com outros módulos expositivos”, Cap.1, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Março 2020, p.2-26.DOI: [10.13140/RG.2.2.24508.05769](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24508.05769)

<https://www.researchgate.net/publication/341827875> Observacao de cristais a lupa estereoscopica e sua articulacao com outros modulos expositivos Capitulo 1 em Cristais Quimicos Observacao a Lupa Estereoscopica Exposicoes ed Clementina Teixeira Centro

[2] Clementina Teixeira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Gonçalo Santos em “Cristais Químicos em 3D e Exposição”, Livro dos Laboratórios Abertos 2020, eds. M. A. Lemos, C. Gomes de Azevedo, D. Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Fevereiro 2020, p127-180. DOI: [10.13140/RG.2.2.20543.05287](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20543.05287)

<https://www.researchgate.net/publication/340606494> Cristais em 3D e Exposicao/stats

[3] Clementina Teixeira em “Química e Arte: Sugestões para o Ano Internacional da Tabela Periódica 2019”, Livro dos Laboratórios Abertos 2019, eds. M.A.Lemos, C.Gomes de Azevedo, D.Simão,

Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, ISBN: 978-989-99508-6-3.

https://www.researchgate.net/publication/331233915_Clementina_Teixeira_Quimica_e_Arte_Sugestoes_para_o_Ano_Internacional_da_Tabela_Periodica_2019_Livro_dos_Laboratorios_Abertos_2019_ed_MALemos_C_Gomes_de_Azevedo_D_Simao_Departamento_de_Engenharia_Quimica

[4] Clementina Teixeira, Manuel Francisco Costa Pereira, [Semana da Ciência e da Tecnologia 2018, Ciência Viva, Centro de Química Estrutural do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa](#), 21-23 de Novembro 2018 (com a colaboração de Museu Alfredo Bensaúde, Museu Décio Thadeu e Departamento de Engenharia Química). DOI: 10.13140/RG.2.2.10410.88004.

https://www.researchgate.net/publication/330202205_Semana_da_Ciencia_e_da_Tecnologia_2018_Ciencia_Viva_no_Centro_de_Quimica_Estrutural_do_Instituto_Superior_Tecnico_Universidade_de_Lisboa

[5] [Clementina Teixeira](#), Chemical Patterns at Facebook, Stereomicroscope, 2019.

Sulfato de cobre pentahidratado

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3546479385392915/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3534193923288128/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3573034042737449/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3611395572234629/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3741892125851639/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10156560426857714&set=a.414522922713&type=3&theater>

<https://www.instagram.com/p/B7QnEShgadP/>

https://www.instagram.com/p/B7Ld_60gPxf/

https://www.instagram.com/p/B6dRsb_gFcy/

<https://www.instagram.com/p/B8SKsF1gGkJ/>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/videos/736710843523636/>

Sulfato de amónio com corante amarelo-sol

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3546479875392866/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3546479758726211/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.554198304621053/3192826640758193/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/videos/200377181195044/>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/videos/181198033299221/>

Cristais dendríticos de prata, reação de nitrato de prata com barra de cobre

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3546479632059557/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/4250596474981199/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/4250596561647857/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/4250596398314540/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/4250596308314549/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10155631150872714&set=a.414522922713&type=3&theater>

Limpa-pratas

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3547843211923199/?type=3&theater>

Química do Chumbo

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3547615151946005/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3547615335279320/?type=3&theater>

[6] Clementina Teixeira, Chemical Patterns at Facebook, Stereomicroscope, 2019/20.

Exemplo de padrões de acetato de cobre monohidratado.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3754432324597619/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3741889225851929/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3840123219361862/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3754433414597510/?type=3&theater>

<https://www.instagram.com/p/B7tXiaMgP5e/>

<https://www.instagram.com/p/B9MNXZbgNHo/>

<https://www.instagram.com/p/B55hsNGgWcK/>

<https://www.instagram.com/p/B7rSMWUABQt/>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/videos/2728589277225071/>

[7] Clementina Teixeira, Chemical Patterns at Facebook, Stereomicroscope, 2019/20.

Exemplo de outros padrões de cloreto de cobalto hexahidratado

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.735987596442122/747038325337049/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.735987596442122/3932051750169008/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.735987596442122/3920449137995936/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.735987596442122/3938234022884114/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.735987596442122/3938234156217434/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/570209753019908/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/861533550554192/?type=3&theater>

<https://www.instagram.com/p/CCBtstVgZSc/>

[8] Padrões de **ferricianeto de potássio/ácido tartárico**:

https://www.instagram.com/p/B_7i6H7gMQn/

<https://www.pinterest.pt/pin/322218548344001184/>

[9] Padrões de **permanganato de potássio**

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/569941726380044/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.735987596442122/3919777114729805/?type=3&theater>

<https://www.instagram.com/p/CCBs9mugleo/>

<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10156878697652714&set=a.414522922713&type=3>

[10] Padrões de **reações de ácido-base com indicador universal de pH**

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3518628834844637/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3518628998177954/?type=3&theater>

[11] Padrões de caixas de Petri: <https://www.instagram.com/p/CCB084jAh6E/>

- [12] Padrões de **álumen de cromo**, https://www.instagram.com/p/B_FL8NlAGat/
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/570436082997275/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3923780644329452/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3923780717662778/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3923780577662792/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3923780474329469/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3923780374329479/?type=3&theater>
- [13] Padrões de **soluções sólidas de álumen de cromo e de álumen de potássio**,
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3765711543469697/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3649931361714383/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3709203749120477/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3764027183638133/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3765711896802995/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3649931341714385/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3840356259338558/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/videos/1151138601945038/>
- [14] Clementina Teixeira, Os Cristais no Ensino e Divulgação da Química, Colóquio Ciências, Fundação Calouste Gulbenkian, 25, 20-36 (2000).
- [15] Dava Newman, palestra proferida no lançamento do Livro “Mulheres na Ciência” no Pavilhão do Conhecimento em 2019, <https://www.publico.pt/2019/03/07/ciencia/noticia/ha-novo-livro-mulheres-ciencia-homenagear-cientistas-portuguesas-1864512>, acessado em 28/6/2020.
- [16] Clementina Teixeira, “Artesãos do Século XXI” - Artesanato observado ao microscópio, Catálogo da exposição, edição de autor, Projecto Ciência Viva, CV 100-2009/432, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, p 1-17, Dezembro 2009. DOI: 10.13140/RG.2.1.4313.2969. Consultar os numerosos suplementos (links) na ResearchGate, com os cartazes e montagens de fotomicrografias de reações químicas e cristalizações. Apresentam-se como anexos, em pdf, na referida rede de profissionais.
https://www.researchgate.net/publication/266175081_Artesaos_do_Sculo_XXI_Artesanato_observado_ao_microscopio
- [17] Clementina Teixeira, Jacob Christian Poen de Wijs, Jantina Peperkamp, “Exposição Ciência e Arte com a AEIST”, AEIST, Semana da Cultura 2018, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, IST, Universidade de Lisboa, 21 de Maio de 2018, DOI: 10.13140/RG.2.2.14958.51526.
https://www.researchgate.net/publication/325257238_Clementina_Teixeira_Jacob_Christian_Poen_de_Wijs_Jantina_Peperkamp_Exposicao_Ciencia_e_Arte_com_a_AEIST_AEIST_Semana_da_Cultura_2018_Centro_de_Quimica_Estrutural_e_Departamento_de_Engenharia_Quimica_I
- [18] Clementina Teixeira, sobre o apoio aos Clubes Ciência Viva na Escola. Imagens retiradas da página do *Facebook*, quando decorria o Ano Internacional da Tabela Periódica, após várias sessões de consulta sobre a ligação da Tabela Periódica ao projeto de Ciência e Arte:
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2195127627194771/2795588090482052/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2195127627194771/2795588047148723/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/864970323543848/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2423901500984048/2423907964316735/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2423901500984048/2423907544316777/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.573003209407229/3881949918512525/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2764236500283878/2762529123787949/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2195127627194771/2582525821788281/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/675309619176587/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/588847771156106/?type=3&theater>

[19] Clementina Teixeira, Semana da Ciência e da Tecnologia 2019, Ciência Viva, Visita guiada a módulos expositivos, “Cristais On the Rocks e divulgação da ciência com ligação à arte”, 28 e 29 de Novembro de 2019.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2764236500283878/2746119808762214/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2764236500283878/2746119308762264/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2764236500283878/2746119208762274/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2764236500283878/2746119035428958/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/634222663285283/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2157909830916551/2157911010916433/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.552864001421150/3433948393312682/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.962424180465128/4402940599746785/?type=3&theater> (link na página da Ciência Viva ligada ao evento):

<https://www.cienciaviva.pt/semanact/edicao2019/eventos.asp>

https://www.cienciaviva.pt/semanact/edicao2019/eventos.asp?acao=showlisteventosdia&dia=29-11-2019&id_distrito=12

[20] Clementina Teixeira, A Rede Cristalina: 26 Anos de divulgação da ciência dos cristais, Semana da Ciência e da Tecnologia 2019, palestra e mostra de material didático, a convite do Serviço Educativo dos Museus do IST. Museu de Civil, 26 de Novembro 2019. Curadoria de Natália Rocha.

<https://tecnico.ulisboa.pt/pt/eventos/semana-da-ciencia-e-da-tecnologia-2019/>

http://www.cienciaviva.pt/semanact/edicao2019/eventos.asp?acao=listeventosentidade&id_entidade=66828

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2195127627194771/3434068253300696/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2195127627194771/3741892822518236/?type=3&theater>

[21] Clementina Teixeira, Hermínio Diogo, Manuel Francisco Costa Pereira, Maria Conceição Oliveira, Vânia André, “Rede Cristalina: 25 anos de Divulgação em Química”, Apresentação de Projeto, Livro de Resumos, p75,76, VI Encontro Internacional da Casa das Ciências, 10-12 de Julho de 2019, FCUL, Lisboa.

https://www.researchgate.net/publication/337901251_Rede_Cristalina_25_anos_de_Divulgacao_em_Quimica_Apresentacao_de_Projeto_Livro_de_Resumos_p7576_VI_Encontro_Internacional_da_Casa_da_s_Ciencias_10-12_de_Julho_de_2019_FCUL_Lisboa

[22] Clementina Teixeira, Natália Rocha, Manuel Francisco Costa Pereira, Exposição Nó Cego, 23-27 de Setembro 2019, Serviços Educativos dos Museus do IST, Museu Décio Thadeu, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

https://www.facebook.com/pg/profClementinaTeixeira/photos/?tab=album&album_id=1907332722640931 (álbum)

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1907332722640931/3311008718939984/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1907332722640931/3282695468437976/?type=3&theater>

Ver exposições anteriores:

Clementina Teixeira, Exposição “Nó Cego”, Associação Malcata com Futuro, Malcata, Sabugal, curadoria de José Escada da Costa, 22 de Dezembro de 2018-25 de Janeiro de 2019. (Trabalhos em trapilho para reutilização de têxteis, simetrias no plano, matemática, Química Têxtil, Educação Visual, Educação Criativa). DOI: 10.13140/RG.2.2.36102.32324

https://www.researchgate.net/publication/335890236_Exposicao_No_Cego_Malcata

Clementina Teixeira, Workshop, Nó Cego, Quantos Nós? Associação Malcata com Futuro, Malcata, Sabugal, curadoria de José Escada da Costa, 12 de Janeiro de 2019.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1907332722640931/2617326098308253/?type=3&theater>

Clementina Teixeira, Exposição Nó Cego, Agrupamento de Escolas de Ribeiro Sanches, Penamacor, Maio-Julho 2019 (Antonietta Salgueiro, Carolina Ramos, Maria Filomena Pires). Dinamização a 14/6/2019, Programa Cientificamente Provável.

https://www.researchgate.net/publication/335724541_Exposicao_No_Cego_Penamacor#fullTextFileContent

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1907332722640931/2964136316960561/?type=3&theater>

[23] Clementina Teixeira, Jacob Christian Poen de Wijs, Jantina Peperkamp, Christa Zaat “Padrões Decorativos: Divulgação Colaborativa de Ciência e Arte”, Poster, V Encontro Internacional da Casa das Ciências, Centro Cultural Vila Flor, Guimarães, 9-11 de Julho de 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.18898.04800.

https://www.researchgate.net/publication/326395751_Ciencia_e_Arte_Simetrias.

[24] Clementina Teixeira, “Observação de artefactos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Cristais metálicos: prata e ligas metálicas”, Capítulo 4, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, ed. Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Junho de 2020, p1-28. DOI: [10.13140/RG.2.2.31116.54401](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31116.54401)

https://www.researchgate.net/publication/342004685_Observacao_de_artefactos_de_ourivesaria_a_lupa_estereoscopica_Cristais_metalicos_prata_e_ligas_metalicas_Capitulo_4_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira#fullTextFileContent

[25] Clementina Teixeira, Hermínio Diogo, Gonçalo Santos, American Corner, IST, Futurália 2015.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.936114576429422/936114666429413/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.936114576429422/936114933096053/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.936114576429422/936114783096068/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.936114576429422/936114843096062/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.936114576429422/936114893096057/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.936114576429422/936114863096060/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.936114576429422/936114943096052/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.936114576429422/936114806429399/?type=3&theater>

[26] Clementina Teixeira, “Cristais, Arte e Tabela Periódica”, 12 de Junho 2019, Agrupamento de Escolas Joaquim Inácio Cruz de Sobral, Sobral de Monte Agraço. Curadoria de Paula Maria, Palestra e Exposição, 10º ano, Ciências e Economia (23 alunos).

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.962424180465128/2951359138238279/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2195127627194771/2951359234904936/?type=3&theater>

[27] Clementina Teixeira, Artesãos do Século XXI, Microscopia Química, Fotomicrografias de reações à lupa estereoscópica, alguns exemplos, vide ref. 16

https://www.researchgate.net/publication/278157834_ISTMicrofashion2010-8

https://www.researchgate.net/publication/278157567_ISTMicrofashion2010-7

https://www.researchgate.net/publication/278157198_ISTMicrofashion2010-6

https://www.researchgate.net/publication/277956093_ISTMicrofashion2010-2

[28] Clementina Teixeira, Rede Cristalina: 26 anos de divulgação da Ciência dos Cristais com ligação à Arte, Palestra e Exposição, a convite da Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Santarém, 14 de Janeiro (Palestra), 14-29 de Janeiro de 2020, Exposição. Curadoria de Paula Maria.

[29] Clementina Teixeira, apresentação do projecto de cristais, microscopia química e padrões decorativos em JORNADAS DE PARCERIAS CONSTRUIR ESPAÇOS DE COLABORAÇÃO, Ciência Viva, Clubes Ciência Viva na Escola, Centro Ciência Viva de Estremoz, Centro Ciência Viva do Lousal, Estremoz, 1 de Março de 2019.

[30] Clementina Teixeira, Jacob Christian Poen de Wijs, Jantina Peperkamp, Christa Zaat, “Cientistas e Artistas, Divulgação de Química e Arte”, comunicação oral, V Encontro Internacional da Casa das Ciências, Centro Cultural Vila Flor, Guimarães, 9-11 de Julho de 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.29401.83045.

https://www.researchgate.net/publication/326463966_cientistas_e_artistas_quimica_e_arte?showFulltext=1&linkId=5b4f4d44a6fdcc8dae2b2399

https://www.researchgate.net/publication/326463562_Clementina_Teixeira_Jacob_Christian_Poen_de_Wijs_Jantina_Peperkamp_Christa_Zaat_Cientistas_e_Artistas_Divulgacao_de_Quimica_e_Arte_comunicacao_oral_V_Encontro_Internacional_da_Casa_das_Ciencias_Centro

[31] Clementina Teixeira, Gonçalo Santos, João A. Fortes, Jantina Peperkamp, “Cristais, Simetrias do GeCl₄, Arte e Tabela Periódica”, comunicação em Poster, VI Encontro Internacional da Casa das Ciências, FCUL, 10-12 de Julho 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.30815.20647

https://www.researchgate.net/publication/335176208_CRISTAIS_SIMETRIAS_DO_GECLA_ARTE_E_TABELA_PERIODICA_VI_Encontro_Internacional_da_Casa_das_Ciencias_FCUL_Lisboa_10_a_12_de_Julho_de_2019

[32] Clementina Teixeira, Reações do Magnésio com água, em presença de fenolftaleína, fotomicrografias da reação, lupa estereoscópica. A apresentação do padrão será feita noutra publicação, dedicada a reações redox.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/2972845589422967/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/580804791960404/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/588847771156106/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/588847761156107/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10155836477342714&set=a.10151055669692714&type=3&theater>

<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10155646564317714&set=a.414522922713&type=3&theater>

[33] Clementina Teixeira, cloreto de cobalto hexahidratado, padrões feitos a partir de fotomicrografias do sal à lupa estereoscópica. Vários exemplos de padrões químicos feitos em PowerPoint. Os dois padrões citados no texto serão incluídos noutra capítulo, dedicado aos compostos de cobalto.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1243864185654458/561082377265979/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1243864185654458/1309838929056983/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.735987596442122/561082397265977/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.735987596442122/747038325337049/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.735987596442122/2121205437920324/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.735987596442122/3932051750169008/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/570209753019908/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/843451662362381/?type=3&theater>

[34] Clementina Teixeira, acetato de cobalto tetrahidratado, algumas fotomicrografias e padrões feitos a partir delas (lupa estereoscópica). Padrões de simetria gerados no GeCl₄, Atrator. Ligação à Arte de Poen de Wijs e à de Jantina Peperkamp, padrões a condizer com a pintura, quer pela harmonia das cores, quer pelo seu significado.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/557254000982150/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/3066708903369968/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/2929903343717192/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/557254064315477/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/567516166622600/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/557253980982152/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1328516613855881/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134361194107/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1328516610522548/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134571194086/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1328516620522547/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134567860753/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134504527426/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134297860780/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134267860783/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134684527408/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134731194070/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/1255134654527411/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/3035111813196344/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/3072191942821664/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/3074540302586828/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/3055713684469490/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/2756616261045902/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3035111966529662/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.568659676508249/3138866426154215/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/3066708253370033/?type=3&theater>

[35] Clementina Teixeira, padrões decorativos a partir de fotomicrografias de dentes-de-leão, ligação à Arte de Poen de Wijs e Jantina Peperkamp.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/2258314054209461/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1256503557723854/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1258393687534841/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1341713499202859/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1341713479202861/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1341713619202847/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1263025813738295/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/965343680173178/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/965429453497934/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2232775436763323/1263926256981584/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/3066708270036698/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.3025101317530727/3066708290036696/?type=3&theater>

[36] Clementina Teixeira, padrões decorativos feitos a partir de fotomicrografias de flores silvestres: papoilas, capuchinhas, etc. Actividades inseridas no projecto Artesãos do Século XXI, “O microscópio vai ao campo”.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.773509789356569/1192017374172473/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.773509789356569/1192017274172483/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.773509789356569/1192017470839130/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.773509789356569/1191076260933251/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.773509789356569/1191076277599916/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.773509789356569/4185041824869998/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.773509789356569/1291483280892548/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.773509789356569/1291483284225881/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.773509789356569/1291483427559200/?type=3&theater>

https://www.researchgate.net/publication/306572362_Nasturtium ppsx (gif)

[37] Clementina Teixeira, NasturtiumPoendeWijs, colaboração com o pintor holandês Poen de Wijs (a título póstumo), Junho de 2016. DOI: 10.13140/RG.2.2.16347.16161

https://www.researchgate.net/publication/306572362_Nasturtium#fullTextFileContent ppsx, slide show

[38] Clementina Teixeira, Jacob Christian Poen de Wijs, Jantina Peperkamp, “Exposição Ciência e Arte”, in Laboratórios Abertos 2018, eds. Maria Amélia Lemos, Cristina Gomes de Azevedo, Dulce Simão,

Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, ISBN: 978-989-99508-5-6, 5-9 de Fevereiro de 2018, 145-151. Referências aí citadas.

https://www.researchgate.net/publication/325060080_Clementina_Teixeira_Jacob_Christian_Poen_de_Wijs_Jantina_Peperkamp_Exposicao_Ciencia_e_Arte_in_Laboratorios_Abertos_2018_edts_M_A_Lemos_C_Gomes_de_Azevedo_D_Simao_Departamento_de_Engenharia_Quimica_IST

[39] Clementina Teixeira, “Observação de objetos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Zircónias”, Cap.2, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Março 2020, p1-19. DOI: [10.13140/RG.2.2.31520.40966](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31520.40966)
https://www.researchgate.net/publication/341878673_Observacao_de_objectos_de_ourivesaria_a_lupa_estereoscopica_Zirconias_Capitulo_2_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira_Centro_de_Quimica_Estrutural_e

[40] Clementina Teixeira, “Observação de artefactos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Cristais metálicos: ouro, prata, cobre e ligas metálicas”, Cap.3, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Maio 2020, p1-15. DOI: [10.13140/RG.2.2.28717.92640](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28717.92640)

https://www.researchgate.net/publication/341942420_Observacao_de_artefactos_de_ourivesaria_a_lupa_estereoscopica_Cristais_metalicos_ouro_prata_cobre_e_ligas_metalicas_Capitulo_3_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Cleme

[41] Clementina Teixeira, “Observação de artefactos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Cristais metálicos: prata e ligas metálicas”, Capítulo 4, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, ed. Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Junho de 2020, p1-28. DOI: [10.13140/RG.2.2.31116.54401](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31116.54401)

https://www.researchgate.net/publication/342004685_Observacao_de_artefactos_de_ourivesaria_a_lupa_estereoscopica_Cristais_metalicos_prata_e_ligas_metalicas_Capitulo_4_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira#fullTextFileContent

[42] Clementina Teixeira, projecto de máscaras feitas por simetria de reflexão e fotomanipulação a partir da observação à lupa estereoscópica para obter a fotomicrografia. Ligação à Arte de Poen de Wijs e Jantina Peperkamp.

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/601146626592887/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/3751966134844238/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/601146983259518/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/3747729945267857/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.596390543735162/3747730055267846/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/574221485952068/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/574221479285402/?type=3&theater>

[43] Tabela Periódica de Keith Enevoldsen, traduzida para Português do Brasil por Luis Brudna: <https://www.tabelaperiodica.org/tabela-periodica-com-aplicacoes-dos-elementos-quimicos/?fbclid=IwAR23pkbNdj5IcWDd6QWW2sUfH0qfGzDnGOdVHenYA-l0iuvG6Q16jMyUwQ0>

[44] Vários exemplos de fotomanipulação com regras de simetria simples para construir padrões constam de um álbum na rede social *Facebook*, no Instagram, incluindo pequenos vídeos. Consultar também as referências anteriores, nesta publicação, com muitos exemplos.

Vídeos

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/videos/654693881748116/?v=654693881748116>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/videos/622861084971809/>

Álbum geral com padrões decorativos:

https://www.facebook.com/pg/profClementinaTeixeira/photos/?tab=album&album_id=568659676508249

Exemplos

<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10156495889452714&set=a.414522922713&type=3&theater>

<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10156530517947714&set=a.414522922713&type=3>

<https://www.instagram.com/p/B9AeyD3g-8T/>

[45] Clementina Teixeira, “Encontro com o Cientista-Cristais”, Escola Ciência Viva, Pavilhão do Conhecimento, 31 de Maio de 2019, com Alexandra Souza e Carla Sofia Rocha.

http://escola.cienciaviva.pt/Actividades/2018_19/Investigador/ClementinaTeixeira.asp, acessido em 20/7/20.

https://www.facebook.com/pg/profClementinaTeixeira/photos/?tab=album&album_id=2952981321409394

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2952981321409394/2972586266115566/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2952981321409394/2972586229448903/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2952981321409394/2972586259448900/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2952981321409394/2972585992782260/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2952981321409394/2972585946115598/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2952981321409394/3190471867660337/?type=3&theater>

[46] Clementina Teixeira, Erik Ceshini Panighel Benedicto, The Hidden Beauty of Chemical Reactions, Beautiful Chemical Reactions under the Stereomicroscope. Pgs1-30, Novembro 2014. DOI: 10.13140/2.1.4483.2961.

https://www.researchgate.net/publication/268214168_The_Hidden_Beauty_of_Chemical_Reactions_Beautiful_Chemical_Reactions_under_the_Stereomicroscope

[47] Clementina Teixeira, “Mandei Vir os Ácidos, as Bases e os Sais: Aplicações da Microscopia Química”, Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, 107, 41-45, 2007.

https://www.researchgate.net/publication/268521712_Mandei_Vir_os_Acidos_as_Bases_e_os_Sais_Aplicacoes_da_Microscopia_Quimica_Quimica_Boletim_da_Sociedade_Portuguesa_de_Quimica_107_41-45_2007

[48] Clementina Teixeira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Hermínio Pires Diogo, Microscopia Química Uma Revolução Cultural: Arte, Ensino e Divulgação da Química. Comunicação oral. I Encontro Internacional da Casa das Ciências, Escola Secundária D. Dinis, Lisboa, 21 e 22 de Março de 2013.

https://www.researchgate.net/publication/279514267_Clementina_Teixeira_Erik_Ceschini_Panighel_Benedicto_Hermnio_Pires_Diogo_Microscopia_Quimica_Uma_Revoluo_Cultural_Arte_Ensino_e_Divulgao_da_Quimica_Comunicacao_oral_I_Encontro_Internacional_da_Casa_das_Ciencias_Escola_Secundria_D._Dinis_Lisboa_21_e_22_de_Março_de_2013

https://www.researchgate.net/publication/279198053_MicroscopiaQuimica2010

[49] Clementina Teixeira, Helena M.G.S. M Trigo Teixeira, Rui P.G.Vareda, M.V. Barrôgo Linhas, Jacob Christian Poen de Wijs, “Crystals, Microscopy and the Art of Poen de Wijs, Copper Sulphate(II) pentahydrate “On the Rocks”, Comunicação oral, II Encontro Internacional da Casa das Ciências, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 14-16 de Julho de 2014.

https://www.researchgate.net/publication/325662139_Clementina_Teixeira_Poen_de_Wijs_Copper_Sulphate#fullTextFileContent

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.768165109891037/799658506741697/?type=3&theater>

[50] Página do Facebook, Química Analítica Qualitativa Inorgânica UFRJ,

<https://www.facebook.com/QualitativaInorgUfrj/>

<https://www.facebook.com/QualitativaInorgUfrj/photos/a.876079932421080/3106848372677547/?type=3&theater>, acessido em 1/8/2020.

[51] Clementina Teixeira, “Windmills of Chemistry and the Art of Poen de Wijs”, Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 10/9/2015. DOI: 10.13140/RG.2.1.2321.2007. Suplemento em pptx, ScienceArtPoendeWijsWindmills, DOI: 10.13140/RG.2.1.4942.6408.

<https://www.researchgate.net/publication/281633146> Windmills of Chemistry and the Art of Poen de Wijs

<https://www.researchgate.net/publication/281633067> ScienceArtPoendeWijsWindmills

[52] Autor desconhecido.

[53] Clementina Teixeira, "Microscopia Química e Cristais: Uma revolução Cultural Em Curso", Poster CP 224, XXI Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 11-13 de Junho de 2008. DOI: 10.13140/RG.2.1.4195.2808

<https://www.researchgate.net/publication/274736601> Microscopia Qumica e Cristais Uma revoluo Cultural Em Curso Poster CP 224 11-13 de Junho de 2008

[54] – Clementina Teixeira, Crystal Growth and Chemical Microscopy-Perspectives on the development of new didactical materials, "Innovation days", 4^{as} Jornadas de Inovação 2009, Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica, Feira Internacional de Lisboa, 20 de Junho 2009. DOI:10.13140/RG.2.1.4636.8802

<http://www.yumpu.com/pt/document/view/9685971/microscopia-quimica-e-crescimento-de-cristais-innovation-days>

<https://www.researchgate.net/publication/274718482> Clementina Teixeira Crystal Growth and Chemical Microscopy-

[Perspectives on the development of new didactical materials Innovation days 4as Jornadas de Inovao 2009 Agncia Nacional para a Cultura Cientfica e Tecnolgica 20 de Junho 2009](#)

[55] Clementina Teixeira, Gonçalo Santos, Jacob Christian Poen de Wijs (a título póstumo), "Soprar: das bolas de sabão aos moinhos de vento. Um projecto de Ciência e Arte com Poen de Wijs", comunicação oral, III Encontro Internacional da Casa das Ciências, ISEP, Porto, 11-13 de Julho 2016. É importante consultar o resumo e a comunicação, para ter acesso às imagens e à apresentação em slide show. Suplemento na *Researchgate*: SoprarBolasdeSabãoPoendeWijs, DOI: 10.13140/RG.2.2.15345.17767.

<https://www.researchgate.net/publication/305399234> Clementina Teixeira Goncalo Santos Jacob C hristian Poen de Wijs a titulo postumo Soprar das bolas de sabao aos moinhos de vento Um projecto de Ciencia e Arte com Poen de Wijs

<https://www.researchgate.net/publication/305815435> SoprarBolasdeSabaoPoendeWijs

[56] Inês Madaleno, Paula Castelhana, Clementina Teixeira, CIÊNCIA E ARTE, Comunicação em Poster, I Encontro Internacional da Casa das Ciências, Escola Secundária D. Dinis, Lisboa, 21 e 22 de Março de 2013. <https://www.researchgate.net/publication/280014635> Ins Madaleno Paula Castelhana Clementina Teixeira CINCIA E ARTE Comunicao em Poster I Encontro Internacional da Casa das Cincias Escola Secundria D. Dinis Lisboa 21 e 22 de Maro de 2013#share

[57] Frederico Sodré Borg s, "Uma viagem cristalográfica: do cristal físico ao cristal matemático", plenária do II Encontro Internacional da Casa das Ciências, ISEP, 15 de Julho de 2014. <https://www.youtube.com/watch?v=Z-B5E4xSDz0&feature=youtu.be>

[58] Ana Cristina Oliveira, Exposi o de Simetria no III Encontro Internacional da Casa das Ciências, ISEP, Julho de 2016, <https://www.casadasciencias.org/3encontointernacional/wkb2.php>

Programa: <http://www.atractor.pt/mat/GeCla/>.

[59] Clementina Teixeira, Maria Concei o Oliveira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Microscopia Química: a beleza escondida das reac es químicas, comunica o oral EAQ-CO-04, XXII Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Química, Parque de Exposi es de Braga, Universidade do Minho, 3-6 de Julho de 2011.

DOI: 10.13140/RG.2.1.4850.5762.

<https://www.researchgate.net/publication/279911141> MicroscopiaQuimica 2011

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.571065916267625/860190254021855/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.571065916267625/860190107355203/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.571065916267625/2816264611747733/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.571065916267625/998732943500918/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.571065916267625/2815656311808563/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.571065916267625/2815656108475250/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/2815656205141907/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/2815683065139221/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1009268459114033/2815656021808592/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.2764236500283878/2510482388992625/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.768165109891037/799658543408360/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1243864185654458/1270397243001152/?type=3&theater>

[60] Clementina Teixeira, Gonçalo Santos, Erik Ceschini P. Benedicto, Microscopia Química: uma abordagem mediática da Química Inorgânica, comunicação em poster, III Encontro Internacional da Casa das Ciências, ISEP, Porto, 11-13 de Julho 2016.

https://www.researchgate.net/publication/305992850_MICROSCOPIA_QUIMICA_UMA_ABORDAGEM_MEDIATICA_DA_QUIMICA_INORGANICA
https://www.researchgate.net/publication/305992666_microscopiaquimicacasadasciencias
https://www.researchgate.net/publication/306328095_Microscopiaquimica2016
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1243864185654458/1244717472235796/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1243864185654458/574856582555225/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1243864185654458/1270396843001192/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1243864185654458/1270397213001155/?type=3&theater>
<https://www.facebook.com/profClementinaTeixeira/photos/a.1243864185654458/1281544138553129/?type=3&theater>

Equipa

Coordenação

Dulce Simão

Vasco Bonifácio

Logística

Alexandre Júlio

Anabela Graça

Carla Salvador

Cristina Ribeiro

Isabel Leiria

Jorge Teixeira

Lurdes Ribeiro

Marta Coelho

NEQIST

Nuno Simões

Remígio Machado

Palestras

Alda Simões

Alexandra Antunes

Ana Marques

Fátima Montemor

João Canário

João Paulo Telo

Manuel Prieto

Mário Nuno Berberan

Moisés Pinto

Sebastião Alves

Vasco Bonifácio

Exposição Virtual

Anabela Graça

Clementina Teixeira

Dulce Simão

Erik Benedicto

Gonçalo Santos

Módulos Experimentais

Ana Paula Serro

Diana Silva

Diogo Rodrigues

Dulce Simão

Elisabete Pinto

Fátima Rosa

Helena Vendas

João Fortunato

Licínio Ferreira

Nadia Toffoletto

Rita Pires

Vasco Bonifácio

Apoio na realização

Carla Salvador

Isabel Leiria

Jorge Teixeira

Marta Coelho

NEQIST

Remígio Machado

Monitores

Afonso José da Costa e Ervideira Coelho

Ana Catarina da Claudina Brito

Anne Reinecke Philippi

Beatriz Henriques

Beatriz Manuel Rodrigues Oliveira

Catarina Isabel Sousa da Silva

Constança Briosa Fernandes

Diogo Miguel dos Santos Rodrigues

Duarte Amaral Silva

Eduarda Gonçalves Amorim

Elisabete Pinto

Eva Maria Teixeira Moura

Filipa Rodrigues Pedrosa

Gabriel José Gonçalves Garcês

Gilda Maria Araújo de Carvalho

Guilherme Andreas Strobl Jusek

Helena Vendas

Ivo Vilela

Joana de Lemos Pinheiro Muskiet

João Manuel Ferreira Lourenço

Madalena Duque

Maria Inês dos Santos Garcês Vaz

Matilde Viegas Ferreira

Pedro Miguel Paulino Rodrigues

Ricardo Alexandre Azedo Luís

Ricardo Alexandre Nunes Dias

Ricardo André de Almeida Delgado

Ricardo de Sousa Martins

Rita Andreia Ferreira Bento

Rodrigo Condenço

Rui Pedro da Cruz

Rui Pedro Zuzarte Cardoso

Sofia Noronha Falcão Teotónio Pereira

Tayná Rui Silva

Vera Lúcia da Silva Pires

Escolas Participantes

Nos Laboratórios Abertos

- Agrupamento de Escolas de Alvalade, Lisboa
- Agrupamento de escolas de Paço de Arcos, Oeiras
- Colégio do Sagrado Coração de Maria, Lisboa
- Colégio São João de Brito, Lisboa
- Colégio Vasco da Gama, Belas
- Escola Secundária Padre António Vieira, Lisboa
- Escola Básica e Secundária Anselmo de Andrade, Almada
- Escola Básica e Secundária de Ourém, Ourém
- Escola Secundária António Inácio da Cruz, Grândola
- Escola Secundária de Coruche, Coruche
- Escola Secundária Eça de Queirós, Lisboa
- Escola Secundária Fernão Mendes Pinto, Almada
- Escola Secundária Gama Barros, Cacém
- Escola Secundária Dr. Ginestal Machado, Santarém
- Escola Secundária João de Deus, Faro
- Escola Secundária José Gomes Ferreira, Lisboa
- Escola Secundária Luís de Freitas Branco, Paço de Arcos, Oeiras
- Escola Secundária do Lumiar, Lisboa
- Escola Secundária Maria Amália Vaz de Carvalho, Lisboa
- Escola Secundária Padre António Vieira, Lisboa
- Escola Secundária da Ramada, Odivelas
- Escola Secundária do Restelo, Lisboa
- Escola Secundária de Sá da Bandeira, Santarém
- Escola Secundária da Portela, Lisboa
- Externato Cooperativo da Benedita, Benedita
- St. Peter's International School, Palmela

Nos Laboratórios Abertos Júnior

- Agrupamento de escolas Moinhos da Arroja, Odivelas
- Agrupamento de escolas de Paço de Arcos, Oeiras
- Colégio da Bafureira, Parede
- Escola Básica 2,3 D. Fernando II, Agrupamento Monte da Lua, Sintra
- Escola Básica 2,3 Professor Delfim Santos, Lisboa
- Escola Básica 2,3 D. Dinis, Odivelas
- CED Jacob Rodrigues Pereira, Casa Pia, Lisboa
- St. Peter's International School, Palmela

Nos Laboratórios Abertos Kids

Escola Básica 1 nº 2, Queluz