



DEQ
DEPARTAMENTO
DE ENGENHARIA QUÍMICA
TÉCNICO LISBOA



NEQIST
NÚCLEO DE ENGENHARIA QUÍMICA
DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO



Laboratórios Abertos 2018

Editado por:

Departamento de Engenharia Química

Instituto Superior Técnico

Edição de:

Maria Amélia Lemos, Cristina Gomes de Azevedo, Dulce Simão

Com a colaboração de:

Núcleo de Engenharia Química



Fevereiro 2018

ISBN: 978-989-99508-5-6

Índice

ÍNDICE	3
PROGRAMA SECUNDÁRIO	5
PROGRAMA JÚNIOR (2º E 3º CICLO BÁSICO)	6
PROGRAMA KIDS (1º CICLO BÁSICO)	7
PREFÁCIO	8
PALESTRAS	9
<i>Cosmoquímica e Astrobiologia: da formação do sistema solar à origem da vida</i>	10
<i>O papel de um Engenheiro Químico no fabrico de papel</i>	15
<i>Química, a tua história</i>	20
<i>Grafeno: do átomo de carbono às roupas inteligentes</i>	21
<i>Do laboratório à farmácia: criação de novos medicamentos</i>	28
<i>A química como ferramenta na proteção dos ecossistemas da Antártida</i>	32
<i>Engenheiros químicos nas farmacêuticas: dos gramas às toneladas</i>	37
CONVERSAS À VOLTA DE UM FILME	41
<i>Viver Sem Química</i>	42
<i>Os Desafios para as Gerações Futuras e o Papel da Química nesses Desafios</i>	43
EXPERIÊNCIAS NO LABORATÓRIO	51
<i>Poesia nos Laboratórios</i>	52
<i>100% Orgânico</i>	53
<i>Let's take a...drink</i>	68
<i>Um Químico na Cozinha</i>	80
<i>Coisas que só acontecem com o frio!</i>	89
<i>Eng. Química: do 8 ao 80</i>	93
<i>Biomateriais: ao infinito e mais além!</i>	103
<i>Correr atrás das reações químicas</i>	106
EXPERIÊNCIAS PARA OS KIDS	124
<i>Engenheiro químico por um dia: Limpinhos & Lavadinhos</i>	125
<i>Parece magia mas é ciência</i>	128
<i>Experiências com o frio: tão maravilhosas como perigosas</i>	133
<i>De comer e chorar por mais</i>	135
<i>Bomba de ursinho</i>	140

<i>Brincando aos chefes de cozinha</i>	143
<i>Biomateriais: ao infinito e mais além</i>	144
EXPOSIÇÃO: CIÊNCIA & ARTE	145
EQUIPA	152
ESCOLAS PARTICIPANTES	154
PATROCÍNIOS	156

Programa Secundário

	Horário	Actividades
Manhã	9:30h	Palestra
	10:30 - 12:30h	Experiências nos laboratórios
Tarde	14:30h	Palestra
	15:30 - 17:30h	Experiências nos laboratórios

Palestras	9:30h	14:30h
5 Fev 2ª Feira	Cosmoquímica e Astrobiologia: Da formação do sistema solar à origem da vida <i>Zita Martins, DEQ, IST</i>	O papel da Eng. Química no fabrico do papel <i>Beatriz Bento, The Navigator Company</i>
6 Fev 3ª Feira	Química, a tua história <i>João Miguel Duarte, Flima</i>	Grafeno: do átomo de carbono às roupas inteligentes <i>Ana Neves, University of Exeter</i>
7 Fev 4ª Feira	Do laboratório à farmácia: criação de novos medicamentos <i>Pedro Pinheiro, CQE, IST</i>	A química como ferramenta na protecção dos ecossistemas da Antárctida <i>João Canário, DEQ/IST</i>
8 Fev 5ª Feira	Engenheiros químicos nas farmacêuticas: dos gramas às toneladas <i>Tiago Porfírio, Hovione</i>	Onde está a inteligência dos materiais? <i>Pedro Amaral, DEQ, IST</i>

Experiências nos laboratórios:

100% Orgânico	Coisas que só acontecem com muito frio
<i>Let's take a....drink</i>	Eng. Química: do 8 ao 80
Um Químico na Cozinha	Biomateriais: ao infinito e mais além

Exposição: Ciência & Arte

Clementina Teixeira

Programa Júnior (2º e 3º ciclo básico)

	Horário	Actividades
Manhã	9:00h	Conversas à volta de um filme
	10:00 – 12:00h	Experiências nos laboratórios
Tarde	14:00h	Conversas à volta de um filme
	15:00 – 17:00h	Experiências nos laboratórios

Experiências nos laboratórios:

100% Orgânico	Coisas que só acontecem com muito frio
Correr atrás das reações químicas	Eng. Química: do 8 ao 80
Um Químico na Cozinha	Biomateriais: ao infinito e mais além

Programa Kids (1º ciclo básico)

	Horário	Actividades
Manhã	10:00 – 12:00h	Experiências nos laboratórios
Tarde	14:00 – 16:00h	Experiências nos laboratórios

Experiências nos laboratórios:

Engenheiro químico por um dia Limpinhos & Lavadinhos	De comer e chorar por mais Bomba de ursinho
Biomateriais: ao infinito e mais além	Experiências com o frio: tão maravilhosas como perigosas
Parece magia mas é ciência	Brincando aos chefes de cozinha

Prefácio

O livro dos Laboratórios Abertos 2018 constitui uma colectânea das palestras e das experiências que foram disponibilizadas às escolas do ensino secundário e básico, que visitaram o departamento de Engenharia Química do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, durante a semana de 5 a 9 de Fevereiro de 2018.

Enquadra-se esta iniciativa na ação de divulgação de Ciência e Tecnologia promovida pela Universidade para os jovens, nas áreas da Química, Engenharia Química e Engenharia de Materiais.

Destina-se a divulgar a importância destas matérias na construção de uma sociedade mais justa, igualitária e inclusiva, baseada em conhecimentos científicos que permitam o desenvolvimento de um mundo sustentável num futuro que se quer para todos.

Os Laboratórios Abertos 2018 receberam cerca de 2100 alunos e 200 professores do ensino secundário e básico para participarem em três tipos de acções distintas, consoante a escolaridade dos visitantes: os Laboratórios Abertos para os alunos do ensino secundário, os Laboratórios Abertos Júnior para o 3º e 2º ciclo do ensino básico e os Laboratórios Abertos Kids para alunos do 1º ciclo. Participaram num conjunto de palestras, conversas à volta de um filme e experiências interativas. Estas atividades foram dinamizadas por Docentes, Não-Docentes e Estudantes do IST.

A edição de 2018 dos Laboratórios Abertos do Departamento de Engenharia Química do Técnico teve lugar nos anfiteatros da Torre Sul e nos laboratórios do Pavilhão de Química, no Instituto Superior Técnico.

Palestras

Neste capítulo encontra-se reunida uma coleção de textos com os resumos das palestras que foram proferidas durante os Laboratórios Abertos 2018 para os alunos do ensino secundário.

Estas palestras abordam uma variedade de temas que podem ir desde a importância da química na preservação do meio ambiente em zonas remotas como a Antártida ou como ferramenta na descoberta da origem da vida no espaço. Discute-se como a engenharia química pode ajudar a melhorar a qualidade de vida da nossa sociedade, por exemplo, contribuindo no desenvolvimento de medicamentos ou melhorando os processos de produção da pasta de papel. Os temas ainda abordam o papel de materiais inteligentes e o impacto do seu desenvolvimento na civilização actual.

Cosmoquímica e Astrobiologia: da formação do sistema solar à origem da vida

Zita Martins

CQFM-IN e iBB, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Cosmoquímica

A Cosmoquímica estuda os processos que aconteceram durante a formação e evolução do sistema solar. Esta área de investigação permite-nos saber por exemplo como se formam os elementos químicos e que o sistema solar tem 4.568 mil milhões de anos. A Cosmoquímica utiliza “máquinas do tempo” que abrem uma janela para um passado longínquo. Isto é feito através das análises químicas de corpos celestes muito primitivos que permaneceram relativamente inalterados ao longo do tempo. Por exemplo os meteoritos, que são amostras extraterrestres que aterraram na superfície de um planeta (neste caso da Terra) e que são originários na maior parte dos casos de asteroides e cometas, permitem determinar a idade do sistema solar (Figura 1). São certamente o objeto mais antigo que alguma vez teremos contacto!



Figura 1 – Meteorito Vigarano que caiu em Itália em 1910. Espécimen exposto no Museu de História Natural (NHM) em Londres. Copyright – Zita Martins.

Alternativamente, os cientistas realizam missões espaciais a cometas e asteroides, como por exemplo a missão espacial Rosetta da Agência Espacial Europeia (ESA) ao cometa 67P/Churyumov–Gerasimenko (Figura 2). Um dos instrumentos a bordo da missão Rosetta detetou no cometa 67P alguns dos ingredientes fundamentais para a vida na Terra, entre eles o aminoácido glicina. De notar que nenhuma forma de vida foi detetada, apenas as moléculas orgânicas necessárias para participar na Química pré-biótica (i.e. antes da vida surgir). Este tipo de missões espaciais a cometas e asteroides permitem também determinar a origem da água que existe nos oceanos da Terra. Isto é feito através do rácio entre deutério e hidrogénio (D/H) existente nestes corpos celestes. O D/H dos oceanos da Terra tem o valor de 1.56×10^{-4} , enquanto que o vapor de água que emanou do cometa 67P/Churyumov–Gerasimenko tinha o valor de D/H de 5.3×10^{-4} (mais de 3 vezes o valor dos oceanos da Terra). Por outro lado, os valores de D/H da água presente em determinadas classes de meteoritos (chamados de condritos carbonáceos) são distintos dos valores de D/H observados em cometas, tendo em alguns casos valores mais próximos dos da Terra (e.g. os condritos CR têm valores de D/H da água de 1.71×10^{-4}). Isto leva à discussão se terão sido os cometas e/ou os asteroides que terão contribuído para entregar a água que existe hoje nos oceanos terrestres.

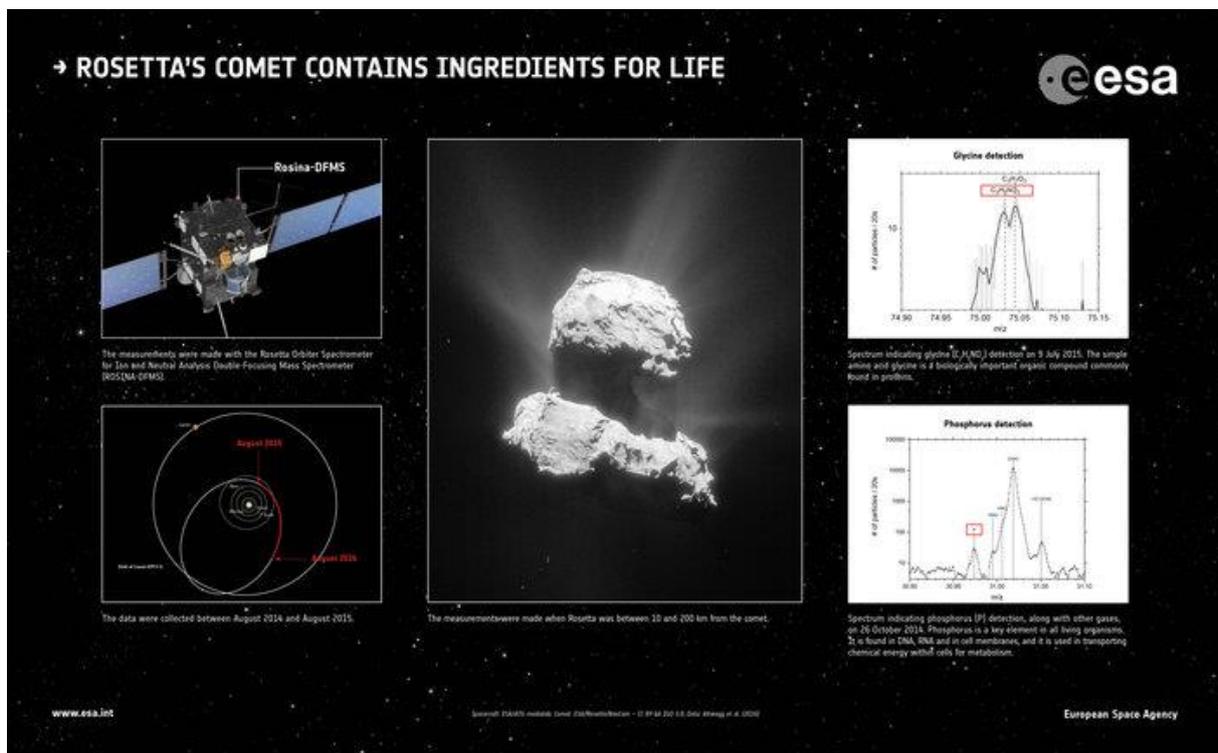


Figura 2 – A missão espacial Rosetta analisou o cometa 67P/ Churyumov–Gerasimenko que contém alguns ingredientes fundamentais para a vida. Copyright - Spacecraft: ESA/ATG medialab; Cometa: ESA/Rosetta/NavCam – CC BY-SA IGO 3.0; data: Altwegg et al. (2016).

Astrobiologia

A Astrobiologia estuda a origem e evolução da vida na Terra, e como detetar potenciais formas de vida extraterrestre no Universo. Os cientistas presentemente pensam que a vida terá surgido a partir de moléculas orgânicas que terão evoluído até se formarem organismos capazes de se replicarem. Existem vários locais onde essas moléculas orgânicas poderão ter sido sintetizadas, i.e. na Terra, ou no Espaço e conseqüentemente trazidas para o nosso planeta. Na Terra poderão ter sido sintetizadas no fundo dos oceanos (em fontes hidrotermais). Alternativamente podem ter sido sintetizadas em cometas e asteroides e trazidas para a Terra entre 4.56 e 3.8 mil milhões de anos. A vida poderá ter surgido também em outras partes do sistema solar. Para um planeta ou lua ser considerado habitável (i.e. ter as condições necessárias para a vida surgir e se desenvolver) são necessários três requisitos básicos: 1) presença de água líquida; 2) elementos químicos essenciais à vida (H, N, C, O, S, e P) e metais de transição que sirvam como nutrientes para potenciais organismos; 3) fonte de energia para manter o metabolismo. Potenciais locais fora da Terra que são habitáveis incluem as luas geladas Europa e Encélado. As missões espaciais Galileo e Cassini, assim como o telescópio espacial Hubble indicam a presença de um oceano de água por baixo da superfície de gelo destas luas. Os geiseres ejetados da lua Encélado continham vapor de água, CH₄, CO, CO₂, propano, acetileno, formaldeído, cloreto de sódio, e partículas de gelo (Figura 3). E por último, pensa-se que a fonte de energia desta lua será fornecida por desequilíbrio químico. É presentemente aceite que a lua Encélado terá fontes hidrotermais semelhantes às existentes na Terra, fornecendo energia geotérmica.

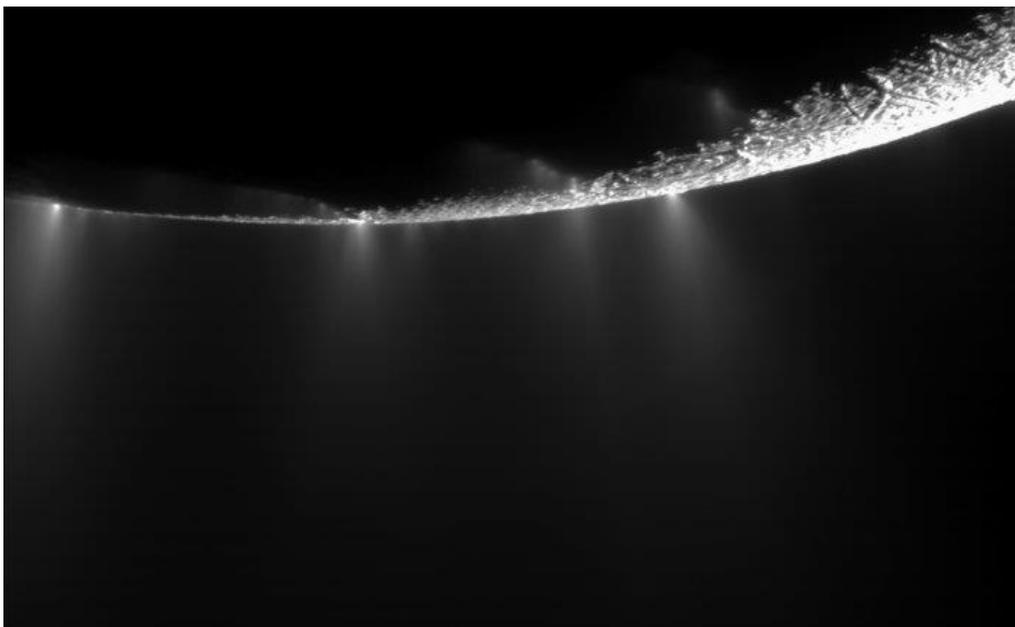


Figura 3 – Geiseres de Encélado detetados e analisados pela missão espacial Cassini. Partículas de gelo, vapor de água e compostos orgânicos estavam presentes nos geiseres. Copyright - NASA/JPL/Space Science Institute.

Outro local no sistema solar que poderá ter vida é Marte. A primeira e única missão espacial de detecção de vida extraterrestre ocorreu em 1976 com a missão Viking. Nenhum composto orgânico foi detectado na superfície do planeta vermelho em análises realizadas em dois locais distintos. Isto pode atualmente ser explicado por problemas tecnológicos e por reações químicas. No primeiro caso, o equipamento da missão Viking não seria capaz de detectar aminoácidos mesmo que vários milhões de células bacterianas estivessem presentes num grama de solo. No segundo caso, várias reações de oxidação na superfície de Marte (onde a missão Viking fez as suas análises) destruiriam qualquer vestígio de vida. Desde os anos 70 tivemos várias missões espaciais no planeta vermelho (em órbita e na superfície), mas nenhuma de detecção de vida. Contudo, o interesse pela potencial existência de vida extraterrestre em Marte continua. Metano tem sido detectado no planeta vermelho e isto tem despertado uma enorme curiosidade na comunidade científica (Figura 4). Devido à radiação UV, o metano da atmosfera de Marte seria rapidamente destruído por reações fotoquímicas. Contudo, este foi detectado em várias ocasiões o que significa que há uma fonte que liberta constantemente metano para a atmosfera. Uma vez que na Terra microrganismos metanogênicos produzem metano, estes podem ser uma das fontes e, portanto, indicaria a presença de vida extraterrestre em Marte. Contudo, processos geológicos (e.g. serpentinização) também produzem metano, que poderá ter ficado preso na subsuperfície e libertado lentamente sob a forma de clatratos. A missão espacial ExoMars tem um módulo chamado de Trace Gas Orbiter (TGO) que irá orbitar e analisar a atmosfera de Marte, determinar a origem (biológica ou geológica) de gases vestigiais (e.g. metano e outros gases), assim como a localização das fontes que produzem esses gases.

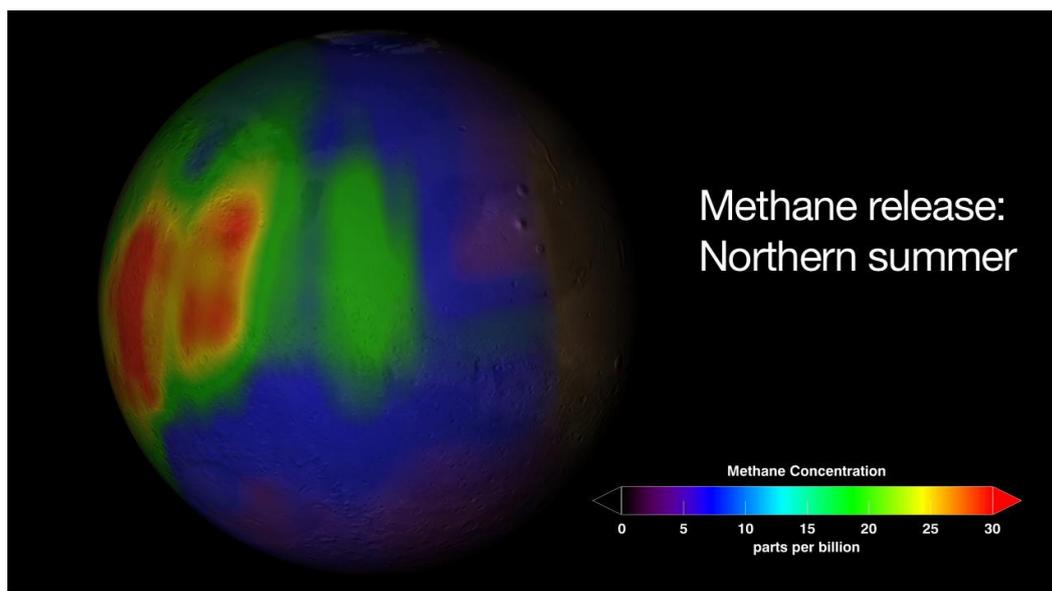


Figura 4 – Diferentes concentrações de metano descoberto na atmosfera de Marte. Copyright - Trent Schindler/NASA.

Em resumo, as análises químicas de meteoritos e as missões espaciais a cometas e asteroides permitem determinar acontecimentos passados aquando da formação do sistema solar assim como do surgimento da vida no nosso planeta. A vida poderá também ter surgido noutras partes do sistema solar, e.g. em Marte, Europa ou Encélado. Futuras missões espaciais de deteção de potenciais assinaturas de vida extraterrestre estão neste momento a ser preparadas para desvendar uma das grandes questões da ciência atual.

Referências

- Alexander et al. (2012) *Science* 337: 721.
Altwegg et al. (2016) *Science Advances* 2: e1600285.
Lauretta & McSween (2006) *Meteorites and the Early Solar System II*. University of Arizona Press.
Mumma et al. (2009) *Science* 323: 1041.
Sullivan & Baross (2007) *Planets and Life: The Emerging Science of Astrobiology*. Cambridge Press.
Waite et al. (2009) *Nature* 460: 487.

O papel de um Engenheiro Químico no fabrico de papel

Beatriz Bento

The Navigator Company, Setúbal

The Navigator Company

A The Navigator Company é atualmente um dos maiores produtores mundiais de pasta branqueada de eucalipto e de papel fino de impressão e escrita não revestido. É o líder mundial no segmento premium de papéis de escritório com a marca Navigator, chegando a mais de 130 países em 5 continentes. A companhia conta com mais de 3000 Colaboradores, 120 mil hectares de floresta, um centro de investigação, 3 Viveiros, +20 Subsidiárias comerciais e 6 Complexos Industriais, dois deles no estrangeiro (Figura 1).



Figura 1 - Localização da The Navigator Company no mundo.

A Navigator é também o maior produtor nacional de energia renovável a partir de biomassa. A energia produzida pela companhia permite-a ser auto-suficiente, sendo que parte desta é ainda injetada na rede eléctrica nacional.

Produção de Papel

A The Navigator Company tem um processo totalmente integrado, desde os viveiros à floresta, produção de pasta, produção de papel e finalmente transformação e expedição.

Nos viveiros faz-se a produção de *eucalyptus globulus* com propriedades que favorecem a qualidade da madeira para o fabrico de papel. Estes são posteriormente plantados na área florestal da companhia.

Antes de se iniciar a produção de pasta, a madeira é transformada em aparas (Figura 2). A casca e outra parte restante da madeira é aproveitada para biomassa na produção de energia eléctrica.



Figura 2 - Aparas de madeira.

A produção de pasta (Figura 3), inicia-se com um cozimento das aparas num digestor resultando uma pasta, chamada pasta crua. É nesta fase do processo onde se utiliza a maioria dos produtos químicos. Estes passam por um circuito fechado de regeneração onde, para além da recuperação de químicos, também é produzida energia. A pasta é então lavada, crivada e branqueada, este último também por acção de químicos. Por fim, a pasta pode ser transportada por *pipeline* directamente para as fábricas de papel, ou pode ser seca para ser armazenada e transportada.



Figura 3 – Diagrama da Produção de Pasta. Adaptado de (1).

Já na fábrica de papel mas antes de a pasta chegar à máquina de papel, é necessário um pré-tratamento. Se a pasta for recebida em formato de pasta seca, é necessário proceder a uma desintegração, de forma a transforma-la numa suspensão aquosa. No caso da pasta que chega directamente da fábrica de pasta, esta vem já em suspensão aquosa. Em ambos os casos, a pasta é alvo de uma refinação que tem como objetivo aumentar a ligação entre fibras. De seguida, são adicionados aditivos à pasta em suspensão aquosa, tais como agentes de branqueamento, agentes de colagem, agentes de retenção, amido, entre outros, com o objetivo de melhorar as propriedades do papel. Agora a pasta está pronta para iniciar o fabrico na máquina de papel, este processo pode ser dividido em várias partes sequenciais: Formação, Prensagem, Secaria, “Sizing”, Calandragem e Enrolador.

- Na Formação a pasta chega ainda em forma aquosa e é distribuída sobre uma teia a uma velocidade constante e de uma forma regular, de modo a formar uma folha contínua. Aqui é promovida a drenagem da água da suspensão por gravidade e vácuo.
- Na Prensagem o papel passa por várias prensas que removem água por meio de compressão. Nesta fase é eliminado o máximo de água possível de remover por meios mecânicos.
- Na Secaria, ocorre a remoção da água restante. Esta é retirada por evaporação pela ação do calor através de cilindros equipados com vapor, obtendo-se um papel com humidade de cerca de 2%.
- O “Sizing” corresponde à aplicação de um banho superficial composto por amido e outros aditivos, que tem como objectivo melhorar a interação da superfície do papel com as tintas de impressão, redução da electricidade estática e afinação do branqueamento. Depois desta aplicação, o papel fica novamente mais húmido e tem que ser outra vez seco da mesma forma que se processa a secaria, resultando um papel com 4 a 6 % de humidade.
- Para finalizar a folha de papel passa pela calandra que afina a lisura da folha e segue para o enrolador que enrola o papel fabricado em forma de Jumbo/Cartel (Figura 4).

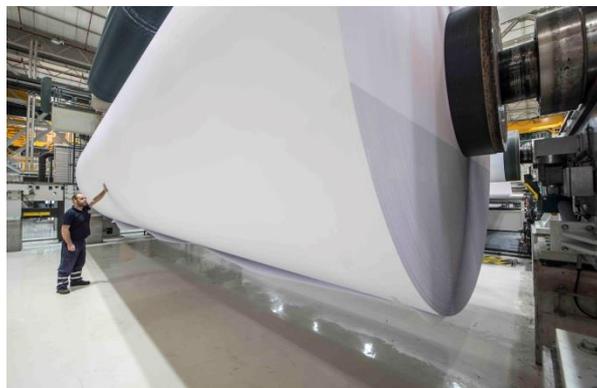


Figura 4 – Jumbo/Cartel: Complexo Industrial de Setúbal. (1)

Este Jumbo segue para a bobinadora onde é cortado em bobines. As bobines podem ser diretas para cliente, sendo embaladas e transportadas, ou podem ser processadas na Transformação em folhas de diversos formatos.

Na Transformação as bobines podem ser transformadas por exemplo em folhas de grandes dimensões para gráficas ou folhas de formato reduzido (por exemplo, A3 e A4) para uso em escritório. As bobines são cortadas em folhas e agrupadas em conjuntos de 500 folhas, chamadas resmas (Figura 5). Estas resmas são embaladas e agrupadas em caixas de cartão, que levam normalmente 5 resmas por caixa. Estas caixas são novamente agrupadas em paletes, de forma otimizada. Por exemplo, para um formato

A4 uma palete pode levar cerca de 80 caixas divididas em 5 camadas, o que corresponde a cerca de 400 resmas nesta palete.



Figura 5 – Transformação: Resmas. (1)

Por último tanto as paletes como as bobines são carregadas para o cliente, na Expedição. O transporte pode ser feito por via férrea, marítima ou rodoviária.

O Papel de um Engenheiro Químico

A função mais habitual de um Engenheiro Químico na Indústria do papel é dando apoio à produção ou transformação como Engenheiro de Processo. No entanto pode também ter funções de Laboratório, ou nas mais variadas áreas da companhia, como por exemplo *Supply Chain*, *Investigação*, *Procurement*, entre outras. Facto que verifica a polivalência e versatilidade de um Engenheiro Químico.

No caso de um Engenheiro Químico num cargo de Engenheiro de Processo, este tem como função dar apoio à equipa de produção, acompanhando o processo do dia-a-dia, certificando-se que o processo decorre normalmente e resolvendo eventuais problemas de maior complexidade ou que necessitem de uma análise mais profunda. Para isto é muito importante ter uma boa capacidade de análise, lógica e resolução de problemas, ao mesmo tempo que precisa de conhecer bem todo o processo de forma a encontrar soluções definitivas e não apenas temporárias. Obviamente, tendo sempre atenção à segurança e saúde no trabalho.

Outra função de um Engenheiro de Processo é planear e acompanhar ensaios industriais e novos projectos. Os ensaios servem para testar um novo produto ou equipamento, ou até mesmo testar certas alterações no processo. Estes podem ocorrer várias vezes ao longo do ano e necessitam de um elevado acompanhamento, uma vez que alteram o funcionamento da máquina.

Para além disso, o trabalho do Engenheiro de Processo tem também uma vertente muito importante de melhoria onde necessita de acompanhar os desenvolvimentos tecnológicos e fazer propostas de

melhoria processuais, de eficiência, ou até de gestão de produção. Normalmente está envolvido em projectos de melhoria contínua, que têm um objectivo específico e incluem pessoas de várias áreas multidisciplinares da companhia, tanto vertical como horizontalmente, que colaboram para o mesmo fim. Estes projectos podem recorrer a metodologias do *Lean*, com as quais se pretende fazer melhorias a um baixo custo, ou seja, à base da criação de procedimentos novos e com baixo ou nenhum investimento monetário.

A capacidade de relacionamento interpessoal é uma das competências mais importantes de um Engenheiro de Processo uma vez que este está envolvido em vários projectos multidisciplinares, lidando com inúmeras pessoas de diferentes áreas e níveis. Para além da óbvia interacção com a equipa de produção e gestão de áreas, o engenheiro tem também uma forte ligação com a equipa de manutenção, planeamento, laboratórios de controlo, e até mesmo fornecedores.

Bibliografia

[1] - The Navigator Company. (2017). Consultado a 14 de Dezembro 2017, disponível em: <http://www.thenavigatorcompany.com/>

Química, a tua história

João Miguel Duarte

F. Lima SA, Largo Movimento das Forças Armadas, 1, Alfragide, 2610-123 Amadora

Introdução

Química a minha história...

Apresenta a diversidade de oportunidades que um Eng^a Químico tem pela frente de modo a ir ao encontro de uma realização pessoal e profissional.

Da investigação à produção, da engenharia à química, da química à alimentação. Um mundo de experiências únicas dadas pela formação adquirida no Instituto Superior Técnico.

Pode ser também, Química a tua história..."



Grafeno: do átomo de carbono às roupas inteligentes

Ana Neves

Universidade de Exeter, Reino Unido.

O que é o grafeno?

“Grafeno (do inglês *graphene*): Material cristalino muito leve, composto de átomos de carbono interligados que formam uma estrutura hexagonal com a espessura de um só átomo, de grande elasticidade e dureza, alta condutividade eléctrica e térmica e que, no estado sólido, se encontra nos cristais de grafite.” Esta é a definição que consta no Dicionário Priberan da Língua Portuguesa.

E que outros materiais na natureza são compostos exclusivamente por átomos de carbono? Para além da grafite, temos o carvão e o diamante, que são materiais muito diferentes devido à sua estrutura cristalina. O carvão apresenta uma estrutura de átomos de carbono completamente desordenada, e por isso é frágil e quebradiço, enquanto o diamante é o material natural mais rígido do mundo. A



Fig. 1. Lápis “de carvão”.

grafite está a meio caminho, sendo constituído por camadas horizontais sobrepostas deste material de espessura atómica: o grafeno. Estas camadas deslizam facilmente entre si, e é por esta razão que a usamos nos lápis para escrever (figura 1). Cada uma destas camadas de grafeno tem uma estrutura hexagonal semelhante à dos favos de mel numa colmeia (figura 2).

Conhecendo-se, desde há muito, a estrutura da grafite, a previsão de que a camada monoatómica teria propriedades muito diferentes do “todo”, ou seja, da grafite, já há muito que tinha sido avançada. Contudo apenas em 2004 foi possível isolar essa monocamada de grafite, e quem o fez foi uma equipa de cientistas da Universidade de Manchester, liderados por Andre Geim e Konstantin Novoselov. Esta dupla recebeu o prémio Nobel da Física em 2010 [1]. Embora a investigação na área do

grafeno tenha começado na Física, esta é hoje uma área de investigação multidisciplinar, com cientistas das áreas de Química, Ciência dos Materiais, Electrónica e mesmo Medicina a trabalhar activamente com grafeno para as mais diversas finalidades. O grafeno é um material bidimensional, é o material mais forte até agora descoberto (200 vezes mais forte do que o aço) mas também o mais

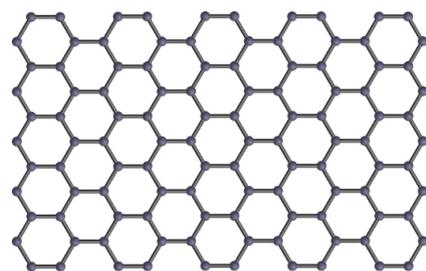


Fig. 2. Estrutura hexagonal do grafeno, semelhante à dos alvéolos de uma colmeia.

fino (um milhão de vezes mais fino do que o nosso cabelo). É condutor de electricidade e de calor, é extremamente flexível e elástico, e é transparente e impermeável! Com estas propriedades, o grafeno é hoje em dia visto como um dos materiais mais promissores do futuro e pode vir a substituir muitos materiais que usamos no dia a dia.

Produção de grafeno

Existem essencialmente duas abordagens para a produção de grafeno: *bottom-up* (de baixo para cima) e *top-down* (de cima para baixo). A segunda é a mais simples de perceber. Se pegarmos num floco de grafite com um pouco de fita-cola e sucessivamente colarmos e descolarmos essa fita cola de uma superfície, o floco vai ficando progressivamente mais fino, até chegarmos à monocamada de grafeno [2]. A este processo chama-se esfoliação da grafite. Foi este método extremamente simples que Geim e Novoselov usaram para descobrir o grafeno. Este método tem duas grandes desvantagens. Primeiro, esfoliar passo a passo um floco de grafite é um processo moroso de trabalho artesanal que demora imenso tempo. Por outro lado, os flocos correspondentes de grafeno, embora de grande qualidade e com poucos defeitos, são muito pequenos.

Mais recentemente, um grupo de cientistas em Dublin desenvolveu um método alternativo para esfoliar grafite em grandes quantidades usando para isso um meio líquido, e produzindo assim tintas de grafeno [3]. Para partir a grafite em flocos com menos camadas e chegar à monocamada é preciso uma fonte de energia. Vários métodos foram propostos, desde banhos ultra-sónicos a uma simples liquidificadora de cozinha. Contudo, como o grafeno é hidrofóbico, ou seja, não “gosta” de água, e tem tendência a reagregar-se. É possível evitar a reagregação de grafeno de duas formas, misturando solventes ou usando surfactantes, uma palavra científica para detergentes. Por incrível que pareça, um dos métodos propostos, para além da liquidificadora de cozinha usava também detergente da loiça (!!) para ajudar o grafeno a não aglomerar [4], tal como para dissolver a gordura em água.

Uma alternativa para evitar os problemas relacionados com a hidrofobicidade do grafeno é a sua modificação química. A mais frequentemente utilizada é a oxidação do grafeno. Tratando a grafite com uma mistura de oxidantes fortes e ácidos (Método de Hummers [5]), um método antigo usado em grafite, mas repescado após a descoberta do grafeno, é possível adicionar grupos funcionais que contêm oxigénio (figura 3). Isto faz com que o óxido de

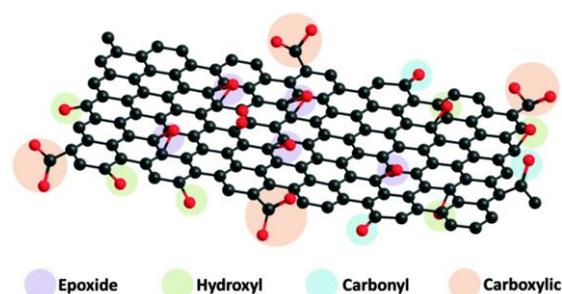


Fig. 3. Estrutura do óxido de grafeno e grupos funcionais. Os átomos de carbono estão representados a preto e os de oxigénio a vermelho (area-info.net).

grafeno resultante seja hidrofílico, sendo muito mais fácil obter tintas e outras formulações em grande escala. Contudo, este material não tem as mesmas propriedades do grafeno, é opaco e isolador, e é portanto preciso voltar a reduzir este material e eliminar os grupos adicionados para reverter algumas das propriedades. Para tal é preciso usar novamente métodos e materiais muito agressivos, como a hidrazina, que são perigosos e produzem resíduos muito poluentes. O material obtido, mais conhecido por óxido de grafeno reduzido, não é uma rede hexagonal perfeita, tem vários grupos funcionais “pendurados” e vários buracos e descontinuidades, e como tal as suas propriedades físico-químicas são consideravelmente inferiores às do grafeno.

Também é possível obter a rede hexagonal do grafeno átomo a átomo através da deposição química em fase de vapor, conhecida por

CVD, sigla inglesa para *chemical vapour deposition*. Este método é *bottom-up*, de baixo para cima, usando metais de transição como substrato e como catalizador, e fontes de carbono. O método de CVD mais utilizado tem como fonte de carbono o gás metano, como o que existe no gás doméstico, cobre como superfície de crescimento, e temperaturas muito elevadas (1000°C) como

fonte de energia, já que para quebrar ligações químicas e estabelecer novas ligações é preciso muita energia. Os átomos de carbono do metano depositam-se na superfície do cobre, libertando hidrogénio, primeiro em pequenas ilhas que vão crescendo até se fundirem com outras ilhas e cobrirem a totalidade da superfície. Para transferir o grafeno do cobre para outros materiais utilizam-se métodos de dissolução química, usando por exemplo cloreto de ferro ou persulfato de amónio, materiais que em solução aquosa atacam o cobre até o dissolver por completo. O grafeno produzido por CVD é contínuo, permite produzir filmes de áreas elevadas e de alta qualidade. As desvantagens são o elevado consumo de energia para atingir as altas temperaturas necessárias, e o facto de serem utilizados metais como o cobre ou níquel, o que torna todo o processo bastante dispendioso. Há ainda um método que se encontra entre os *bottom-up* e *top-down*: o crescimento epitaxial em carbeto de silício (SiC). A altas temperaturas, o silício deste material é sublimado e eliminado em fase de vapor, deixando à superfície uma camada de átomos de carbono que se vão rearranjar e dar origem a grafeno.

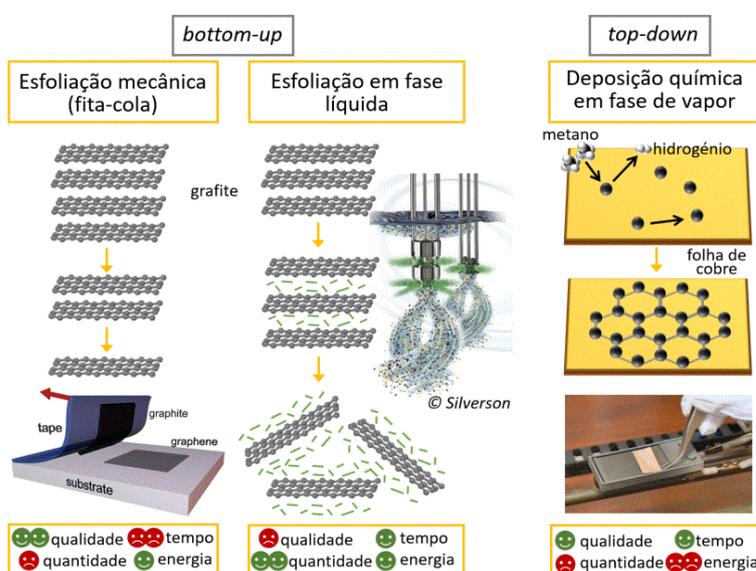


Fig. 4. Alguns dos métodos mais usados na produção do grafeno.

Esta camada pode depois ser separada do resto do material-mãe, resultando em grafeno de elevada qualidade, mas tal como o crescimento por CVD, este método parte de materiais extremamente caros, precisa de altas temperaturas e as amostras produzidas têm tamanho reduzido.

Em suma, há diversos métodos para produzir grafeno (figura 4), todos com prós e contras. O grafeno de maior qualidade produzido pelos métodos menos convenientes tem sido utilizado para estudar as propriedades deste material para diversos fins, enquanto que os que permitem o fabrico em larga escala, como os de fase líquida, vão permitir a incorporação do grafeno na indústria.

Revestir materiais com grafeno

Dependendo do método usado para produção, e conseqüentemente do tipo de grafeno obtido, existem vários métodos para usar este material como revestimento. Com as tintas de grafeno podem ser usados métodos convencionais, como por exemplo imprimir com jacto de tinta ou spray, impregnação de tecidos, gravura, pintura, etc. Já com o grafeno produzido por CVD ou por crescimento epitaxial precisa de uma camada de suporte para poder ser transferido para outras superfícies, normalmente um plástico aderente, como se fosse uma estampagem ou um carimbo, seguido da dissolução química do substrato (Cu ou SiC).

O mercado dos wearables e das roupas inteligentes

Já todos ouvimos falar de relógios inteligentes e outros dispositivos portáteis que podemos usar, por exemplo, nas nossas roupas. São os chamados *wearables*, e não é só por terem um nome em inglês que são apelativos, é mesmo porque há um mercado imenso para este tipo de dispositivos. Já imaginaram se pudessem usar o telemóvel sem ter que o tirar do bolso, com as notificações num ecrã feito do mesmo material do vosso casaco ou medir a pulsação e as calorias gastas com a t-shirt que estão a usar quando fazem desporto? A incorporação de dispositivos portáteis em têxteis tem inúmeras aplicações também, por exemplo, em Medicina. Seria óptimo se a roupa de cama de um paciente num hospital ou a roupa que veste durante um internamento puder monitorizar parâmetros clínicos importantes, como a temperatura ou a actividade cardio-respiratória, ao mesmo tempo que ajudam uma ferida a sarar ou que estão a libertar fármacos numa zona inflamada. É para isso que estamos a trabalhar, e o grafeno, sendo leve, flexível e transparente, oferece as propriedades físico-químicas necessárias para este tipo de dispositivos. Por outro lado, se tivermos em conta que os têxteis não são apenas as roupas que vestimos, mas também lençóis, cortinados, carpetes, o potencial para este tipo de aplicações é ainda maior.

O Laboratório de Engenharia do Grafeno em Exeter

Faço parte de um grupo de académicos e cientistas de várias áreas que trabalha com grafeno e outros materiais bidimensionais inovadores. Aliando a minha formação em Química à dos meus colegas, [Prof. Monica Craciun](#) (Ciência dos Materiais) e [Prof. Saverio Russo](#) (Física), trabalhamos em conjunto para que o grafeno passe de material do futuro a algo do nosso dia-a-dia. Juntando o nosso conhecimento ao de algumas empresas, como a Centexbel, na Bélgica, especialistas em indústria têxtil, desenvolvemos um método para revestir fibras têxteis com grafeno [6,7], para nelas poder fabricar dispositivos electrónicos inteligentes, flexíveis e portáteis. Colaboramos de perto com a [Dr. Helena Alves](#), especialista em electrónica orgânica da Universidade de Aveiro, para explorar as propriedades antibacterianas dos textéis revestidos a grafeno.

Alguns resultados interessantes

Usando fibras têxteis de polipropileno, um material muito utilizado na indústria têxtil e em embalagens de plástico, e revestimentos de grafeno, na Universidade de Exeter fizemos protótipos de vários tipos de dispositivos electrónicos. Na figura 5(b) podemos ver um exemplo de uma estrutura entrelaçada, semelhante a vários tipos de tecidos, em que as fibras foram revestidas com grafeno. É possível delectar um sinal eléctrico cada vez que se toca numa das intersecções das fibras, e ligando todas as fibras a um sistema electrónico, podemos detectar selectivamente quando o utilizador toca em cada uma das diferentes intersecções. Este sensor de posição é semelhante ao do ecrã de toque de um telemóvel ou tablet, mas inteiramente flexível. À semelhança deste sensor de posição, também podemos fabricar sensores de toque numa única fibra ou superfície flexível, usando as ferramentas da nanotecnologia para desenhar padrões de muito pequenas dimensões que são extremamente sensíveis (figura 5(c)). Por outro lado, se depositarmos camadas de outros materiais sobre a camada inicial de grafeno na fibra têxtil, e se usarmos materiais que, quando ligados a uma corrente eléctrica,



Fig. 5. (a) Fibras têxteis produzidas pela Centexbel. Alguns exemplos de dispositivos electrónicos com grafeno em fibras têxteis fabricados na Universidade de Exeter: (a) sensor de posição, (b) sensor de toque, (c) dispositivo emissor de luz.

são capazes de emitir luz, podemos fabricar estruturas entrelaçadas emissoras de luz directamente em substratos têxteis (figura 6(c)).

Neste momento estamos a concentrar esforços no desenvolvimento sensores com utilidade na medicina, nomeadamente extensómetros, capazes de detectar o movimento respiratório e os batimentos cardíacos, e também sensores de temperatura. Para além da sua função como sensor, estes dispositivos combinam também as propriedades antibacterianas do grafeno, o que no ambiente hospitalar é também uma grande vantagem.

Outra funcionalidade muito útil que estamos a desenvolver é a capacidade de gerar energia directamente pelo uso destes dispositivos, ou seja, ter dispositivos electrónicos têxteis capazes de se auto-recarregar e ser auto-suficientes em termos energéticos. A fricção de materiais gera muitas vezes electricidade estática, o mesmo fenómeno que nos põe os cabelos em pé com a fricção da escova. Esta energia é quase sempre desperdiçada e pode até ser perigosa e danificar equipamentos eléctricos. A nossa ideia é capturar estas cargas à medida que estas são geradas pela motricidade humana nas mesmas roupas que contêm os sensores, e estes são chamados geradores triboeléctricos.

Conclusões e desafios

A tecnologia em torno do grafeno é muito recente, mas mostra já sinais de poder ser uma solução para futuros dispositivos electrónicos, especialmente se estivermos a falar de electrónica flexível. Embora já estejam à venda equipamentos com grafeno, como por exemplo a bicicleta ultra-leve Interceptor™ da Dassi [10] ou a raquete GRAPHENE XT™ da Head [11], os desafios para a disseminação do grafeno no mercado prendem-se, em muito, com os métodos de produção, o seu custo e limitações. Porém, o rápido avanço em termos de dispositivos e protótipos com as mais variadas aplicações, tem ajudado o progresso da produção de grafeno, e é uma questão de tempo até termos equipamentos em nossas casas ou nas nossas roupas feitas com este fantástico material.

Referências

- [1] Para mais informações consultar o site <http://www.graphene.manchester.ac.uk/> (consultado em Janeiro de 2018)
- [2] K. S. Novoselov, A. K. Geim *et al.* Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. *Science* 306, 666 (2004).
- [3] K. R. Paton *et al.* Scalable production of large quantities of defect-free few-layer graphene by shear exfoliation in liquids. *Nat. Mater.* 13, 624 (2014).
- [4] E. Varrla *et al.* Turbulence-assisted shear exfoliation of graphene using household detergent and a kitchen blender. *Nanoscale* 20, 11810 (2014).
- [5] W. S. Hummers Jr, R. E. Offemann. Preparation of graphitic oxide. *J. Am. Chem. Soc.* 60, 1339 (1958).
- [6] A. I. S. Neves *et al.* Towards conductive textiles: coating polymeric fibres with graphene, *Sci. Rep.* 5, 9866 (2015)
- [7] A. I. S. Neves *et al.* Transparent conductive graphene textile fibres. *Sci. Rep.* 7, 4250 (2017)

- [8] E. Torres Alonso *at al.* Graphene electronic fibres with touch-sensing and light-emitting functionalities (artigo submetido em Janeiro de 2018)
- [9] D. P. Rodrigues *at al.* Tunable Antibacterial Activity of Graphene Coated Textiles. (artigo submetido em Janeiro de 2018)
- [10] <https://dassi.com/product-range/interceptor-graphene> (consultado em Janeiro de 2018)
- [11] <https://www.head.com/en-GB/sports/tennis/technology/graphene-xt/> (consultado em Janeiro de 2018)

Do laboratório à farmácia: criação de novos medicamentos

Pedro F. Pinheiro

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

Hoje em dia é simples, para a maioria de nós, aceder a um medicamento para tratar algum sintoma ou doença. No entanto, muito antes desse mesmo medicamento estar disponível na prateleira da farmácia, houve um enorme trabalho de desenvolvimento, teste e análise. Dezenas de anos de trabalho, milhares de milhões de euros gastos e centenas de cobaias usadas, tudo para que um fármaco possa ser usado com segurança e com os efeitos pretendidos.

É sabido que o desenvolvimento de um novo fármaco tem um elevado custo e que, por cada nova molécula disponibilizada no mercado, muitas outras foram postas de lado durante o processo de desenvolvimento. Mas o que é isto exatamente do desenvolvimento de fármacos? Porque custa tanto dinheiro e demora tanto tempo? Foi sempre assim?

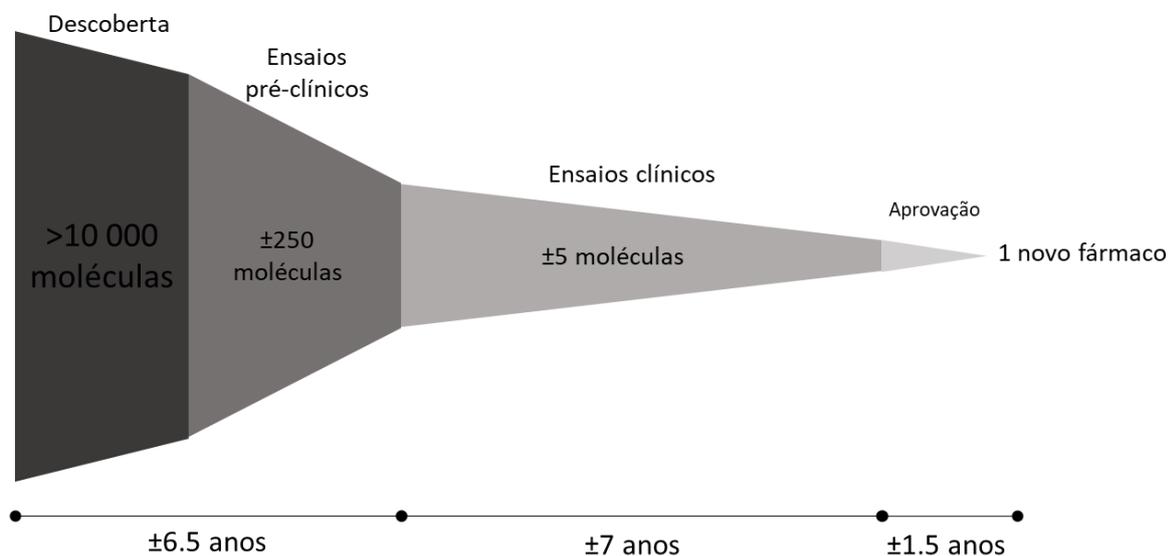


Figura 6 - Escala e cronograma da descoberta e desenvolvimentos de novos fármacos.

Deste a antiguidade, têm sido usados extratos de plantas para tratar patologias e sintomas. Um exemplo é a comum aspirina. Preparações à base de raízes e casca do salgueiro eram usados, já na civilização egípcia, para aliviar dores e febres, sem conhecimento da razão pela qual funcionavam. Só na segunda metade do século XIX é que foram estabelecidas relações entre o ácido acetilsalicílico e os

efeitos benéficos das preparações desta molécula. A empresa BAYER iniciou em 1899 a comercialização daquele que é hoje em dia um dos fármacos mais usados em todo o mundo.

Outros exemplos, no entanto, não foram tão bem-sucedidos. No século XVI, exploradores espanhóis descreveram o consumo de folhas da planta *Erythroxylon coca*, por parte dos nativos do Novo Mundo, e os efeitos que estas surtiam nas pessoas. Em 1855 o alcaloide cocaína foi isolado a partir desta planta, e posteriormente usado como princípio ativo de muitas formulações. Rapidamente os efeitos negativos desta molécula começaram a ser observados,



Figura 7 - Anúncio de 1889 a uma preparação para tratamento de dores de dentes contendo cocaína.

incluindo os sintomas de dependência e casos de overdose, o que levou à proibição da produção, venda e uso de cocaína em quase todo o mundo, por volta de 1970. Apesar de ser um anestésico eficiente, o uso não regulamentado da cocaína levou a que os efeitos negativos da mesma ultrapassassem os positivos, impedindo a sua utilização como fármaco. Este é só um exemplo de como o uso não-controlado de substâncias pode comprometer a utilização das mesmas no contexto médico-farmacêutico.

Apesar de relevantes, preparações farmacêuticas como os chás de raiz de salgueiro, folha de coca, extrato de dente de leão, etc., destinavam-se a tratar sintomas sem o conhecimento do mecanismo de ação ou alvo terapêutico. Desde cerca de 1950 a descoberta de novos fármacos tem assentado numa premissa diferente: encontrar moléculas com ação direta sobre a causa dos sintomas e/ou patologias. Implica isto, portanto, que seja conhecido de antemão um potencial alvo terapêutico, como por exemplo uma proteína específica. Este tipo de desenvolvimento de fármacos, chamado de *targeted drug discovery*, está na base da indústria farmacêutica atual, e muitas são as estratégias usadas neste contexto.

Uma dessas estratégias, denominada de *random drug discovery*, tem por base a utilização de vastas bibliotecas de compostos químicos que são testados um por um no alvo desejado, quer através de ensaio *in vitro*, quer em ensaios *in vivo*. Tipicamente são testados mais de 10 000 compostos diferentes, obtendo-se várias possíveis moléculas ativas que são então extensivamente testadas para determinar o seu verdadeiro potencial farmacológico. Um exemplo deste tipo de descoberta de fármacos é o antitumoral *taxol*. Em 1955 nos Estados Unidos foi iniciado um programa de experimentação de várias bibliotecas de compostos para tentar identificar novas moléculas com

propriedades antitumorais. Uma molécula isolada da planta *Taxus brevifolia* encontrava-se entre os milhares de amostras submetidas, e demonstrou atividade antitumoral sem precedentes em ensaios de citotoxicidade. Em 1993, após anos de ensaios para identificar o mecanismo de ação e inúmeras experiências para isolar e produzir quantidades apreciáveis da molécula, o fármaco *Paclitaxel* foi aprovado para o uso no tratamento de tumores mamários.

Muitos são os exemplos de fármacos descobertos através de *random screening*, como por exemplo o fármaco Artemisina, descoberto em 1967 através de um programa de teste de compostos para o tratamento de malária, ou a Doxorubicina, obtida a partir de uma estirpe de *Streptomyces peucetius*, usada em tratamentos oncológicos.

Apesar de eficiente na descoberta de moléculas ativas, o *random screening* de bibliotecas de compostos é dispendioso, demorado, e raras são as vezes em que o composto identificado corresponde ao fármaco final. Atualmente, de forma a aumentar a probabilidade de sucesso, estes ensaios preliminares são executados por sistemas automatizados, capazes de testar milhares de compostos contra vários alvos em períodos de tempo cada vez mais reduzidos. Grandes investimentos têm sido feitos por parte da indústria farmacêutica, no melhoramento destes sistemas. No entanto, são cada vez mais os fármacos de origem sintética ou semi-sintética a ser aprovados. Tal resulta do facto de atualmente os processos de descoberta de fármacos assentarem sobre o conhecimento da estrutura do alvo terapêutico – *structure-based drug design*. Com a evolução das tecnologias de caracterização estrutural (cristalografia de raios-X, espectroscopia de ressonância magnética nuclear, espectrometria de massa, etc.) foram sendo caracterizados vários potenciais alvos terapêuticos, na sua maioria proteínas e, conseqüentemente, abriu-se uma porta para o desenvolvimento racional de fármacos.

Atualmente, grande parte dos laboratórios baseiam os seus esforços de desenvolvimento de novos fármacos em técnicas de *screening* virtual. Metodologias computacionais são usados para estudar possíveis interações entre moléculas e os alvos a que se destinam. Esta tecnologia, designada por *in silico screening*, permite estudar um muito elevado número de moléculas (vários milhões) numa fracção do tempo necessário para o *random screening* de compostos. Além da velocidade e versatilidade, o custo deste tipo de ensaios é extremamente reduzido e não carece de equipamento especializado. Além disso, o uso de computadores e tecnologias informáticas permite não só identificar potenciais moléculas ativas, como ainda desenhar novas moléculas com propriedades específicas, reduzindo a necessidade de testar milhares de compostos diferentes, e permitindo ainda prever possíveis problemas de estabilidade, toxicidade ou reatividade.

Apesar de hoje em dia estarem disponíveis inúmeras tecnologias para o desenvolvimento de novos medicamentos, e de o número de fármacos aprovados ter aumentado exponencialmente nas últimas

décadas, por cada cinco moléculas aprovadas, 25 000 foram produzidas e testados para um determinado fim, e apenas uma dessas resultará num retorno económico que cubra os custos do desenvolvimento. Grande parte dos ensaios atualmente a decorrer na indústria farmacêutica tiveram início em experiências nos laboratórios das universidades, ou de pequenas empresas de I&D, onde são desenvolvidos esforços para identificar e/ou sintetizar novas moléculas com efeitos sobre novos alvos terapêuticos. O caminho desde esses laboratórios até à embalagem na farmácia é longo, difícil e cheio de desafios. Como se descobrem, como se fazem, como se testam e como se aprovam os novos medicamentos?

A química como ferramenta na proteção dos ecossistemas da Antártida

João Canário

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

A Antártica (o Continente Branco) é o quinto maior e mais inóspito continente do mundo, sendo considerada um exemplo de ambiente pristino. A Antártica divide-se em duas unidades principais, a oriental e a ocidental (Figura 1). A Antártica Oriental, com uma forma aproximadamente circular, engloba as montanhas Transantárticas e a área que se estende destas para o Oceano Índico. No seu centro situa-se o Planalto Antártico, um deserto gelado constituído por uma enorme massa de gelo [1]. A sua superfície aparentemente plana esconde uma altura média de 2.300 metros, apresentando em algumas áreas mais de 4.000 metros de espessura de gelo [1]. A Antártica Ocidental, composta pela Península Antártica, Terra de Marie Byrd e Terra de Ellsworth, com uma camada de gelo menor que o seu vizinho oriental, é separado deste pelas montanhas Transantárticas [1].



Figura 1 - Mapa da Antártida (Fonte: <https://kidzfeed.com/antarctica-facts-for-kids/>)

Desde tempos remotos, a *Terra Australis Incognita* surgia nos mapas antigos como sendo uma região existente, porém não descoberta. Apenas no ano de 1821, uma expedição russa descobriu este continente.

Apesar da presença humana se fazer sentir no continente desde o século XVIII, é no final do século XIX que estas começam a ter um impacto relevante no ambiente Antártico, com a construção das primeiras estações no continente e o grande desenvolvimento da caça à baleia. Aquando do Ano Geofísico Internacional em 1957/58, a contaminação ambiental na Antártida sofreu uma grande

aceleração e desde então que a intensidade de atividades humanas na zona continua a aumentar. Além dos habituais exploradores juntaram-se também cientistas e mais recentemente turistas. A sobrevivência na Antártida requer a utilização de combustíveis fósseis e materiais de construção importados, a produção de resíduos e a interações com a paisagem, flora e fauna. Assim, não se pode afirmar que tenha um ambiente totalmente pristino.

A 1 de Dezembro 1959 foi assinado o Tratado da Antártida. Entrou em vigor em 1961 e desde então muitas nações o têm ratificado, sendo atualmente o número total de partes do tratado de 50. Este veio estipular a proibição de atividades militares e testes nucleares a sul do paralelo 60º S, promover a cooperação científica internacional, congelar as pretensões territoriais, e requerer aos países abrangidos a toma de medidas tendo em conta a preservação e conservação dos recursos deste continente.

Em 1991, o Tratado da Antártida adotou o Protocolo de Madrid. Este vem designar a Antártida como uma "reserva natural, dedicada à paz e à ciência". No Protocolo Ambiental são estabelecidos princípios básicos aplicáveis às atividades humanas na Antártida. Apesar das ferramentas de prevenção, a presença humana neste continente acarreta a utilização de grandes quantidades de combustíveis fósseis, a produção de resíduos, entre outros fatores que instigam a contaminação destes locais, nomeadamente a contaminação dos solos (Figura 2).



Figura 2 - Poluição na Antártida

A química, e em particular a investigação desenvolvida no Instituto Superior Técnico, tem sido de extrema importância na identificação, controle e tentativa de remediação e mitigação de zonas contaminadas na Antártida, em particular na Península de Fildes (Figura 3).

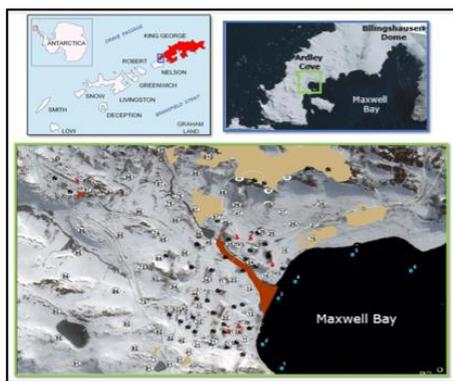


Figura 3 – Localização da Península de Fildes [3]

A Península de Fildes é um dos maiores *hubs* de entrada na Antártida. Possui um porto, um aeródromo e numerosas bases científicas. Por estas razões têm sido reportados casos de contaminação de solos, águas interiores e costeiras. A Península de Fildes é também *habitat* de uma das maiores colónias de pinguins na ilha de Ardley (Figura 4A).

A contaminação química é então um aspeto importante particularmente aquela devida a metais pesados. Estudos de identificação de fontes, caracterização e distribuição da contaminação e a disponibilidade dos metais para os organismos vivos é, pois, importante para poder avaliar o impacto humano nos ecossistemas na península de Fildes [1, 3].

Para isso têm sido efetuadas campanhas de amostragem na área com ensaios em campo e em laboratório.

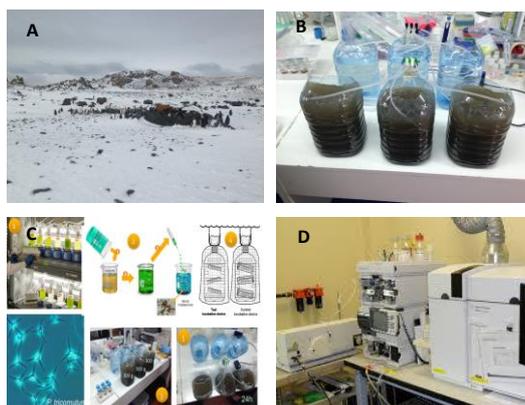


Figura 4 - A) pinguins na Ilha de Ardley; B) Estudo da disponibilidade de poluentes em solos contaminados; C) Procedimento para o estudo da biodisponibilidade de poluentes; D) algum do equipamento analítico utilizado.

[3]

São nestes estudos que a química tem um papel fundamental. Utilizando-se técnicas de análise química tem-se conseguido identificar as fontes de poluição e também a sua distribuição através da elaboração de mapas utilizando-se sistemas de informação geográfica (Figura 5).

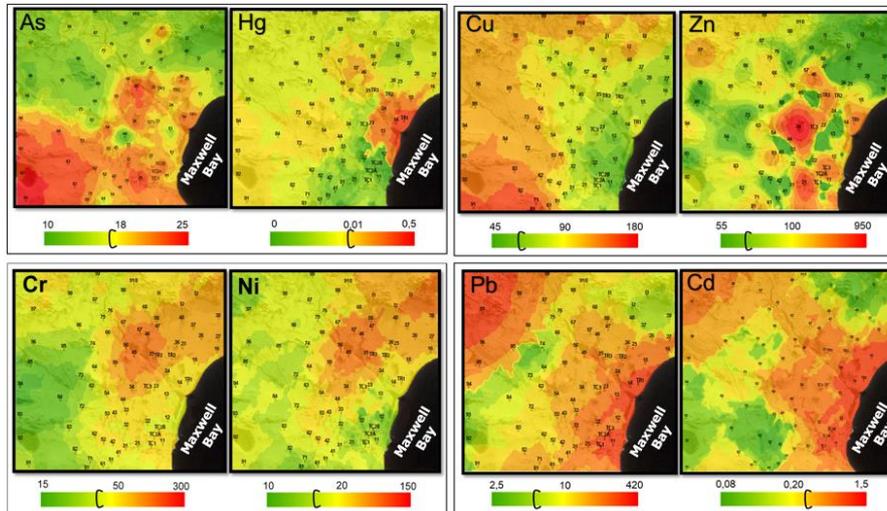


Figura 5 – Distribuição de metais pesados nos solos da Península de Fildes). [3]

Para além desta caracterização dos solos, é muito importante saber que os poluentes podem ser transportados pela água durante o degelo da primavera (medida da sua disponibilidade) e também se estes poluentes podem ser ou não absorvidos pelos organismos vivos (medida da sua biodisponibilidade).

Na avaliação da sua disponibilidade, fazem-se extrações sequenciais em que são utilizados progressivamente reagentes ou misturas de reagentes com poder oxidante crescente (ex: água, solução de cloreto de amónio, solução de hidroxilamina, solução de HCl, H₂O₂ e finalmente mistura de ácidos fortes). Se a quantidade de um poluente extraída pela água (menor poder oxidante da lista) é maior em relação aos restantes reagentes então isso significa que esse poluente está mais disponível constituindo um maior perigo para o ambiente.

Por outro lado, na avaliação da biodisponibilidade os solos contaminados (ou uma ressuspensão desses solos em água) são postos em contacto com fitoplâncton durante 24h e depois analisamos a concentração dos poluentes antes e depois da exposição. Se o fitoplâncton acumular quantidades apreciáveis dos poluentes em estudo então esse poluente para além de disponível estará também biodisponível. É de notar que o fato de um determinado poluente estar disponível não significa que esteja biodisponível. Neste aspeto a química assume novamente outro aspeto crucial pois é necessário conhecer a forma química é que esse poluente se encontra no ambiente pois a acumulação nos organismos vivos depende também em muito deste aspeto.

Assim a química tem vindo a contribuir para o estudo da poluição no “Continente Branco” não só identificando fontes de poluição, e distribuição e disponibilidade de poluentes, mas também sugerindo formas de remediação e mitigação de locais contaminados.

Os trabalhos realizados têm sido discutidos nas reuniões internacionais do Tratado da Antártida evidenciando a importância do trabalho realizado.

Referências

- [1] Amaro, E., Padeiro, A., Mão de Ferro, A., Mota, A., Leppe, M., Verkulich, S., Hughes, K., Peter, H-U., Canário, J., 2015. Assessing trace element contamination in Fildes Peninsula (King George Island) and Ardley Island, Antarctic. *Marine Pollution Bulletin*, 97(1-2), 523-527.
- [2] The Antarctic Treaty System webpage: <http://www.ats.aq/e/ats.htm>
- [3] Padeiro, A., Amaro, E., Santos, M.M.C., Araújo, M.F., Gomes, S.S, Leppe, M., Verkulich, S., Hughes, K.A., Peter, H-U., Canário, J., 2016. Trace element contamination and availability in Fildes Peninsula, King George Island, Antártica. *Environmental Sciences Sources and Impacts*, 18, 648-657.

Engenheiros químicos nas farmacêuticas: dos gramas às toneladas

Tiago Porfírio

Hovione Farmacêutica SA, Campus do Lumiar, Edifício S, Estrada do Paço do Lumiar, 1649-038 Lisboa

Até os medicamentos chegarem às prateleiras das farmácias, há um longo caminho a percorrer em termos da pesquisa e desenvolvimento destes. Tudo começa com a descoberta do princípio ativo – o fármaco, que tem o efeito terapêutico do medicamento. O fármaco será testado em animais numa fase pré-clínica e depois em voluntários numa fase clínica (dividida em três etapas). Só depois de comprovado que é seguro e eficaz, é que o medicamento é autorizado a ir para o mercado [1].

Ainda durante o desenvolvimento do medicamento, é necessário avaliar como é que este vai ser administrado bem como estudar e definir a sua libertação e *performance* no corpo humano. Para tal, os princípios ativos são formulados com excipientes para otimizar a sua libertação, de maneira a que estes se solubilizem num local específico do corpo de forma a maximizar a sua absorção. Esta otimização pode também passar pela modificação física/química dos próprios fármacos. É nesta área que entra a Engenharia de Partículas, a qual estuda modificações nas propriedades das partículas, como por exemplo o seu tamanho, densidade e estrutura física.

A Engenharia de Partículas tem como principais aplicações o aumento de solubilidade dos princípios ativos, administração pulmonar ou nasal (inalação) e a microencapsulação (proteção do fármaco, libertação prolongada, mascarar/atenuar o sabor desagradável).

O aumento de solubilidade destina-se a fármacos que sejam pouco solúveis em água e nos fluidos corporais nos quais têm de se solubilizar. Normalmente os fármacos são obtidos nas estruturas cristalinas correspondentes que são mais estáveis, organizadas num nível de energia mais baixo, sendo mais difíceis de dissolver. O aumento da solubilidade pode ser feito adotando estruturas desorganizadas, ou seja, amorfas. Mas tal como acontece com o diamante que tende a passar a grafite, aqui também o fármaco amorfo irá tender para a sua forma cristalina mais estável. Neste caso, é possível prevenir esta passagem a outro estado adicionando um estabilizante, permitindo que a estrutura se mantenha amorfa (e desorganizada) por um período alargado de tempo.



Figura 8 – Esquema de como aumentar a solubilidade um fármaco

Por sua vez, os produtos de inalação precisam de ter propriedades específicas para que tenham o desempenho pretendido no órgão-alvo: os pulmões. De entre essas propriedades, destaca-se o tamanho das partículas - para esta via de administração, as partículas deverão ter menos de 5 μm . Caso tenham tamanhos maiores, a probabilidade de ficarem depositadas na garganta é elevada. Além disso, a densidade é também um fator importante. As partículas mais leves conseguem ter geralmente uma melhor performance aerodinâmica, tendo maior probabilidade de chegar aos pulmões.

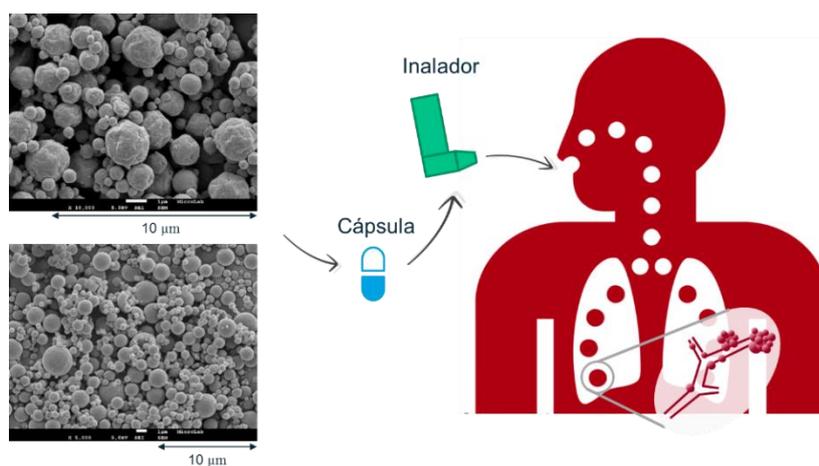


Figura 9 - Imagens de microscópio eletrônico de varrimento de produtos para inalação e respectivo esquema de administração

Os microencapsulados podem ter diversas finalidades sendo uma delas mascarar o sabor dos fármacos (*taste masking*). O sabor desagradável pode ser então atenuado cobrindo a partículas do fármaco com um excipiente (que por si só pode ter um sabor). Assim, não haverá contacto do fármaco com a língua durante a administração, havendo só libertação deste posteriormente.

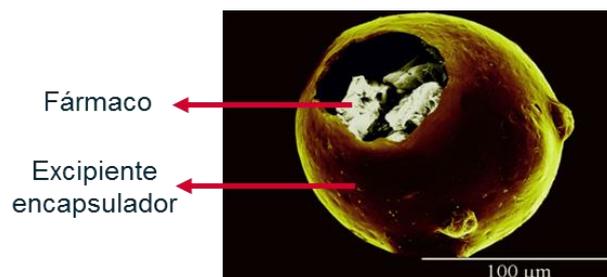


Figura 10 – Imagem de microscópio eletrónico de varrimento de um microencapsulado

Os processos de produção a utilizar dependerão da sua aplicação. A Hovione dispõe de diferentes tecnologias que permitem lidar com estes desafios de engenharia de partículas: *spray drying* (secagem por aspersão), microfluidização, *jet milling* (moagem a jato), extrusão e *spray congealing* (congelamento por aspersão).

A definição da formulação e do processo a utilizar é realizada no laboratório, onde são necessárias pequenas quantidades de produto para realizar os testes e comprovar a sua eficácia. Mas ao longo do programa clínico de desenvolvimento do fármaco (por exemplo para os ensaios clínicos com voluntários) serão necessárias maiores quantidades de produto. Por esse motivo, o processo de fabrico vai aumentando de escala durante o desenvolvimento e à medida que se vai avançando no programa clínico.

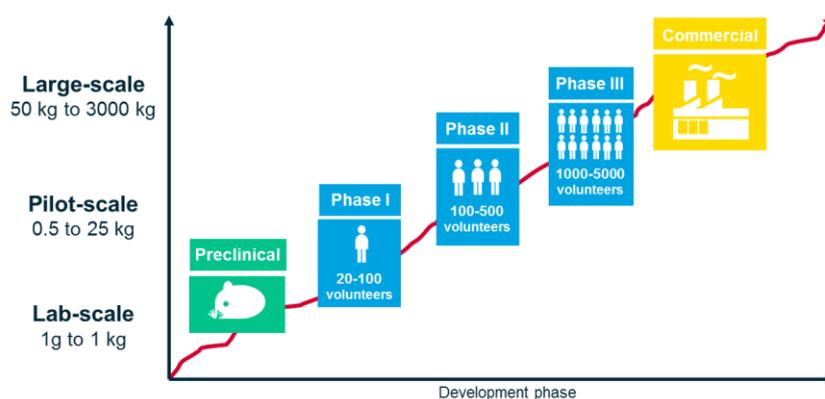


Figura 11 – Evolução do material necessário durante o desenvolvimento de um medicamento

Para tal, a Hovione dispõe de várias escalas de produção nas diversas tecnologias para acompanhar o desenvolvimento do fármaco e mais tarde a sua produção comercial. O aumento de escala (*scale-up*) tem assim de garantir que as características do produto permanecem idênticas do laboratório à maior escala de produção. Pode tanto pretender-se controlar todas as características do produto como também só controlar uma, por exemplo o estado amorfo – isto dependerá da aplicação e o objetivo do produto em questão. As características que se pretendem controlar chamam-se atributos críticos

de qualidade (*critical quality attributes, CQA*). O *scale-up* é normalmente considerado muito dispendioso e demorado por serem necessários vários testes. De forma a tornar este procedimento mais expedito, são adotadas metodologias sistemáticas que têm por base análises de riscos, modelos matemáticos e outras ferramentas de simulação do processo que permitem antever o processo e as suas condições na escala de destino. Estas metodologias são baseadas na filosofia de *Quality by Design*, na qual se pretende desenhar a qualidade através do conhecimento, ao invés de a obter por tentativa e erro [2].



Figura 12 – Comparação de equipamentos de spray drying da Hovione: laboratório (esquerda) e de grande escala (direita)

Na escala de destino é normalmente executado um conjunto de testes, para os quais se desenvolve um desenho de experiências. Para tal, enumeram-se as variáveis do processo de fabrico (como temperaturas, pressões, etc.) que têm uma maior influência nas características a controlar do produto – estas chamar-se-ão parâmetros críticos de processo (*critical process parameters, CPP*) [3]. Por exemplo, no caso de um produto para inalação, seriam parâmetros críticos de processo as variáveis do processo que têm impacto no tamanho e densidade das partículas. Com a identificação dos CQA e CPP é realizada então uma avaliação de risco de forma a delinear, priorizar e simplificar o desenho de experiências.

Após a execução do desenho de experiências anteriormente definido, é possível perceber em que condições operatórias os requisitos pretendidos são satisfeitos com sucesso.

Combinando o conhecimento fundamental com a experiência de execução é possível estabelecer novas e mais avançadas metodologias de aumento de escala, que poderão ser usadas para acelerar o desenvolvimento de novos fármacos para que estes cheguem mais rapidamente às farmácias.

Referências

- [1] FDA, 3 May 2016. [Online] Available: <http://www.fda.gov/ForPatients/Approvals/Drugs/ucm405622.htm>.
- [2] J. Juran e B. Godfrey, *Juran's Quality Handbook*, New York: McGraw-Hill, 1998.
- [3] ICH, *Guidance for Industry: Q8(R2) Pharmaceutical Development*, 2nd ed., Rockville: FDA, 2009.

Conversas à Volta de um Filme

A visita aos Laboratórios Abertos 2018 vai-se iniciar com um conjunto de conversas em torno de filmes que te vão mostrar como a química, a engenharia química e a engenharia de materiais desempenham, e vão continuar a desempenhar, um papel muito importante na nossa vida e nos desafios que vamos ter de enfrentar no futuro.

Vamos começar por um filme realizado pela Federchimica, uma associação das indústrias químicas em Itália, e que tem precisamente o título “Viver Sem Química” que nos permite ver como a Química está presente em quase tudo o que nos rodeia.

Depois deste filme vamos falar um pouco sobre os desafios que se colocam para o futuro da humanidade, e que terão de ser encarados pelas gerações mais jovens. Destes desafios vamos escolher dois – a energia e os resíduos, que vão ser ilustrados por dois pequenos vídeos, e vamos falar sobre a forma como a química, a engenharia química e a engenharia de materiais podem contribuir para a sua solução.

Contamos com a participação de todos os presentes para a discussão destes temas de grande importância para a atualidade.

Viver Sem Química*

M. Abrantes^a, F. Lemos^b, M.A.N.D.A. Lemos^b,

^aGabinete de Relações Internacionais, ^bCERENA

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

O filme realizado pela Federchimica Italiana (<https://www.youtube.com/watch?v=28MxRV8WYWg>), põe a pergunta se “É Possível Viver Sem Química?”, e depois de o vermos podemos concluir que a Química no seu sentido mais lato, abrangendo a Engenharia Química e a Engenharia de Materiais, está presente praticamente em todos os objetos que utilizamos no nosso dia-a-dia.

No filme aparecem inúmeros exemplos do que aconteceria na nossa vida se os produtos da indústria química não existissem:

- Os medicamentos, que são na sua maior parte fabricados por reações de síntese química, descobertas por químicos orgânicos e passadas à escala de produção por engenheiros químicos;
- Os alimentos que são processados e embalados por processos da engenharia química, biológica e de materiais;
- As embalagens produzidas por reações químicas que são desenhadas por Químicos e Engenheiros Químicos, obedecendo a requisitos estritos de resistência que são da responsabilidade de Engenheiros de Materiais.

Mas hoje queremos chamar a atenção para outra atividade dos Engenheiros destas áreas na nossa vida e que é muito menos visível e não está coberta neste filme – a resolução de problemas ambientais e energéticos.

* Texto já publicado no Livro dos Laboratórios Abertos 2017

Os Desafios para as Gerações Futuras

e o Papel da Química nesses Desafios

E. Santos^a, M. Abrantes^b, M. Martins^a, J. Loios^a, F. Lemos^a, M.A.N.D.A. Lemos^a,

^aCERENA, ^bGabinete de Relações Internacionais

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

A rápida evolução da humanidade, tanto nos países desenvolvidos como em desenvolvimento, tem provocado uma pressão muito elevada sobre o meio ambiente e, para garantir uma melhoria constante da qualidade de vida, há uma série de novos desafios que nos são colocados e que terão de ser abordados pela geração atual e pelas futuras.

Na Europa, a Comissão Europeia, no seu plano de ação designado por Horizonte 2020, estabeleceu um conjunto de 7 “desafios sociais” que devem ser alvo de estudo e investigação para garantir o desenvolvimento sustentável e continuado no espaço Europeu e mesmo no Mundo (ver <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/societal-challenges>). São estes:

- ✓ Saúde, alterações demográficas e bem-estar;
- ✓ Segurança alimentar, agricultura e florestação sustentáveis, investigação marinha e marítima de águas presentes na superfície da Terra, e bioeconomia;
- ✓ Energia segura, limpa e eficiente;
- ✓ Transporte inteligente, verde e integrado;
- ✓ Clima, ambiente, eficiência de recursos e matérias-primas;
- ✓ A Europa num Mundo em mudança – sociedades inclusivas, inovadoras e reflexivas
- ✓ Sociedades seguras – proteger a liberdade e a segurança da Europa e dos seus cidadãos

Muitos destes desafios, senão todos eles, vão necessitar de respostas da tecnologia, já que foi esta a grande impulsionadora do desenvolvimento a que se tem assistido nas últimas décadas, e muitos destes problemas, vão precisar de um contributo importante das áreas do conhecimento do Departamento de Engenharia Química do IST – a Química, a Engenharia Química e a Engenharia dos Materiais.

Nesta conversa vamos abordar dois tópicos intimamente relacionados com estes sete desafios sociais, a energia e os resíduos.

Pode a Energia Renovável Alimentar 100 % das Nossas Necessidades?

Algo que damos como garantido no nosso dia-a-dia é o fornecimento de energia. Apesar de muitas vezes não repararmos, a energia é essencial para quase tudo o que fazemos, desde a produção agrícola, industrial, saúde até ao bem-estar no nosso quotidiano.

Pode dizer-se que a nossa sociedade atual é “viciada” em energia e será difícil imaginar como seria a nossa vida sem fontes de energia. Na figura 1 está representada a evolução mundial do consumo de energia ao longo dos últimos anos.

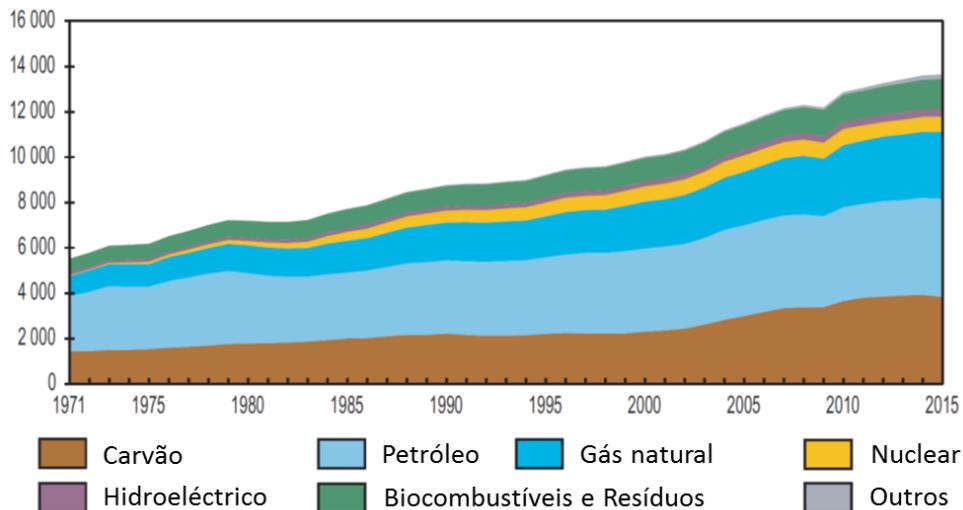


Figura 1 – Fontes de produção de energia primária (dados mundiais)

(adaptado de “Key World Energy Statistics 2017, International Energy Agency).

Quando se olha para a figura 1 não é possível deixar de ficar impressionado com a enorme quantidade de energia que é consumida anualmente pelo mundo e como os combustíveis fósseis, apesar do aumento de energias renováveis, continuam a assegurar a grande maioria das nossas necessidades energéticas. Os dados mais recentes disponíveis, correspondentes aos consumos de 2015, são esclarecedores (ver figura 2).

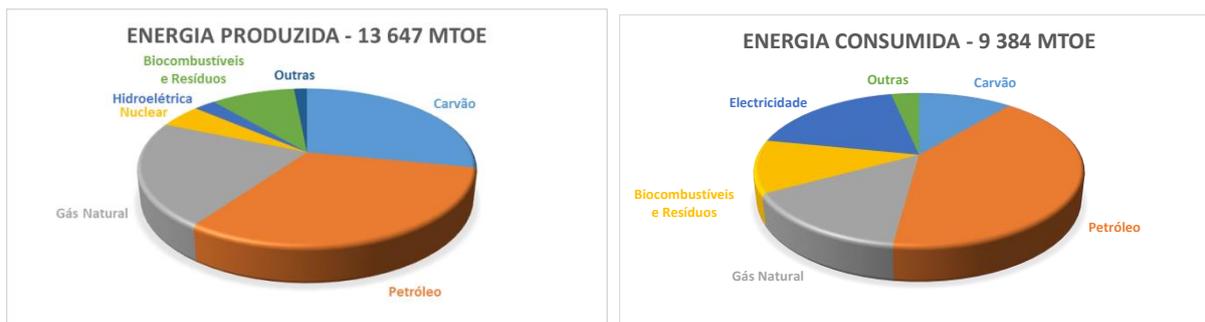


Figura 2 – Energia produzida e energia consumida a nível mundial em 2015, e respetivas fontes

(adaptado de “Key World Energy Statistics 2017, International Energy Agency).

O filme que vimos, e que está integrado no programa Ted-Ed (<https://www.youtube.com/watch?v=RnvCbquYeIM> ou <https://ed.ted.com/lessons/can-100-renewable-energy-power-the-world-federico-rosei-and-renzo-rosei>) pretende colocar em discussão a questão da transição energética de uma sociedade baseada em combustíveis fósseis para uma sociedade mais sustentável.

E agora que sabemos a dimensão do problema o que pode cada um de nós fazer?

Na realidade há muitas coisas que se podem fazer!

Por um lado, podemos interiorizar a importância de reduzir o consumo energético e de o tornar cada vez mais eficiente – já vês escrito em muitos documentos eletrónicos a mensagem “Imprime só se precisares” como forma de poupar papel; o mesmo princípio tem de ser aplicado à energia “se não precisares de um equipamento ligado, desliga-o”. Só para teres uma ideia, um computador médio ligado durante um ano consome mais de 1000 kWh de energia (ou seja 1 MWh) e custará, aos preços atuais da eletricidade em Portugal, cerca de 200 € por ano.

Por outro lado, podes participar no processo de descoberta de novas formas de produzir e armazenar energia, e a Química, a Engenharia Química e a Engenharia de Materiais têm um papel muito importante nesta área, desde o desenvolvimento de baterias mais leves e eficientes para veículos elétricos até à produção de combustíveis químicos sustentáveis.

A realidade é que enquanto precisarmos de grandes quantidades de energia, e em particular para aplicações que necessitem de grande quantidade de energia em intervalos de tempo muito curtos, como para a aviação ou para fazer levantar um foguetão, a utilização de combustíveis químicos é essencial.



Figura 3 – Motores com combustíveis químicos.

(<http://www.tdcomics.com/viewcomic.php?id=377>) e

(http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2007/09/Lift-off_of_the_Foton-M3_spacecraft_onboard_a_Soyuz-U_rocket3).



Mas isso quer dizer que é impossível tornar a nossa utilização de combustível mais sustentável? Não, na realidade há várias soluções possíveis para este problema e que estão neste momento a ser investigadas e, em muitos casos já aplicadas.

A energia que utilizamos hoje em dia teve, quase na sua totalidade, origem na energia que o Sol envia para a Terra todos os dias. A matéria-prima para os combustíveis fósseis que utilizamos (o carvão, o petróleo e o gás natural) foram “fabricados” pela Natureza, ao longo de milhões de anos a partir de biomassa (principalmente plantas terrestres e aquáticas) que existiram há muito tempo. De certa forma podemos dizer que a utilização dos combustíveis fósseis corresponde à utilização da energia solar que chegou à Terra há muitos milhões de anos e que foi capturada pela vegetação de então.

Podemos, portanto, aproveitar a energia que nos chega do Sol em grande abundância. Isso é o que fazemos quando se utilizam sistemas foto-voltaicos, ou mesmo quando recorremos à energia eólica, mas é também a energia que obtemos a partir de plantas e animais, e que corresponde à chamada *biomassa*.

Se olharmos para a figura 4 podemos ver que, de entre as fontes renováveis, a categoria designada por “Biomassa e Resíduos” corresponde já a uma fração muito significativa da energia que produzimos e consumimos e que a imitação da Natureza na produção dos combustíveis é uma via que deve ser explorada, tornando o nosso País menos dependente do estrangeiro em termos energéticos e reduzindo a emissão de gases com efeito de estufa.

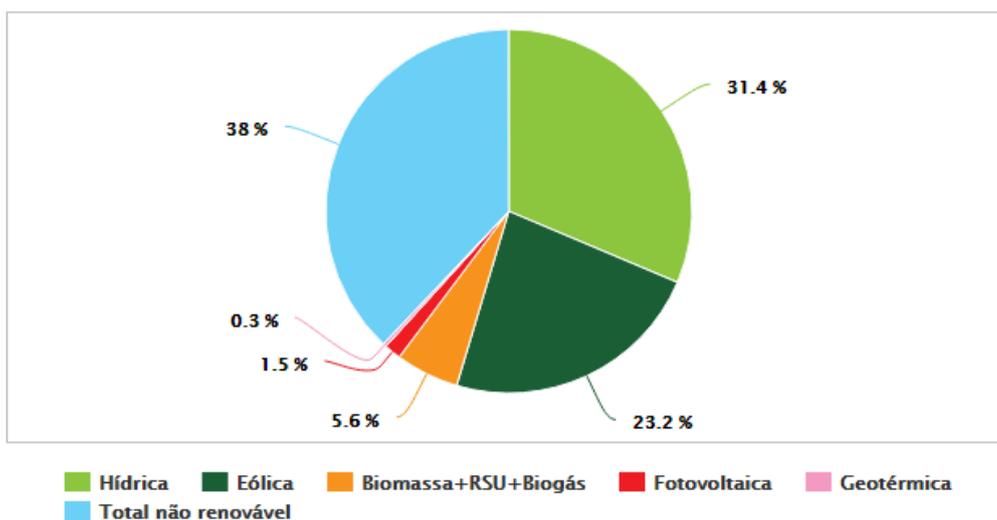


Figura 4 – Energia elétrica anual produzida em Portugal por fontes de energia renovável em 2016
(adaptado de <https://rea.apambiente.pt/content/energias-renovaveis>).

Este aspeto leva-nos ao nosso desafio seguinte.

É um Desperdício Desperdiçar os Desperdícios

A população humana foi, durante muitos milénios, muito reduzida mas, devido ao desenvolvimento tecnológico que foi iniciado com a Revolução Industrial, a população Mundial “explodiu” (ver figura 5) e neste momento a Terra tem de suportar mais de 7000 milhões de habitantes.

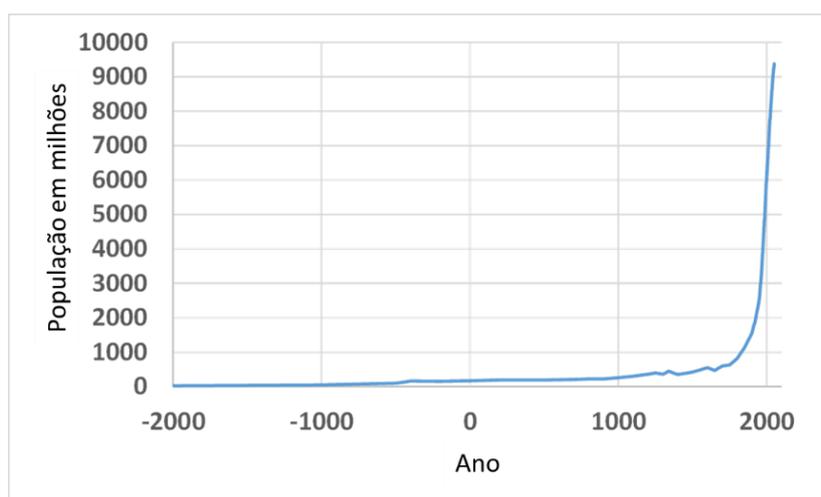


Figura 5 – Evolução da população ao longo do tempo.
(<http://www.census.gov/popclock/>).

Ora todas estas pessoas consomem uma grande variedade de produtos durante a sua vida quotidiana e, inevitavelmente, produzem uma grande quantidade de resíduos, ou desperdícios. Podemos definir como resíduo tudo aquilo para que o utilizador já não tem utilidade e pretende descartar.

Quando a população era reduzida o descarte de resíduos não era um problema e, para não se ficar com a habitação suja, bastava deitá-los fora de portas. À medida que a população aumentou esta via deixou de ser possível e a primeira lei que obrigava a descartar os resíduos fora dos limites de uma cidade data da antiga Grécia, em Atenas.

No entanto, este problema foi-se agudizando ao longo dos anos e neste momento, com a elevada densidade populacional, é mesmo um aspeto crítico – não há provavelmente quem não tenha assistido já a uma falha na recolha de lixo e saiba o problema que se coloca. A gestão de resíduos é, hoje em dia, vista como uma atividade essencial para o bem da sociedade.

No entanto, sendo claro que a acumulação de lixo é um problema, a verdade é que até há relativamente pouco tempo esta gestão era feita unicamente feita por motivos de higiene e saúde pública e os princípios na base desta gestão eram simples: recolher, levar para longe, tapar e esquecer o problema, o que deu origem às lixeiras ou, mais recentemente, aos chamados “aterros sanitários” (figura 6).



Figura 6 – Exemplo de um aterro.

(<https://www.endswasteandbioenergy.com/article/1316678/wallonia-aims-lead-europe-landfill-gas>)

Mas a quantidade de resíduos que geramos é tão grande que já não é possível esquecer – cada cidadão Europeu gera, em média, 500 kg de resíduos todos os anos – isto é meia tonelada de lixo...

A maioria dos resíduos leva mais de 30 anos a decompor-se. A pastilha elástica e o plástico com 5 e 100 anos, são alguns exemplos. Se pensarmos nisso, um país como Portugal, que até é relativamente pequeno e só tem cerca de 10 milhões de habitantes, gera anualmente algo perto dos 5 milhões de toneladas de lixo.

Infelizmente, muito do lixo gerado na Europa ainda é depositado em aterro, como se pode ver na figura 7, e essa é uma situação que urge resolver; a União Europeia pretende reduzir o depósito em aterro para zero até 2020 mas esta meta já não será possível de alcançar.

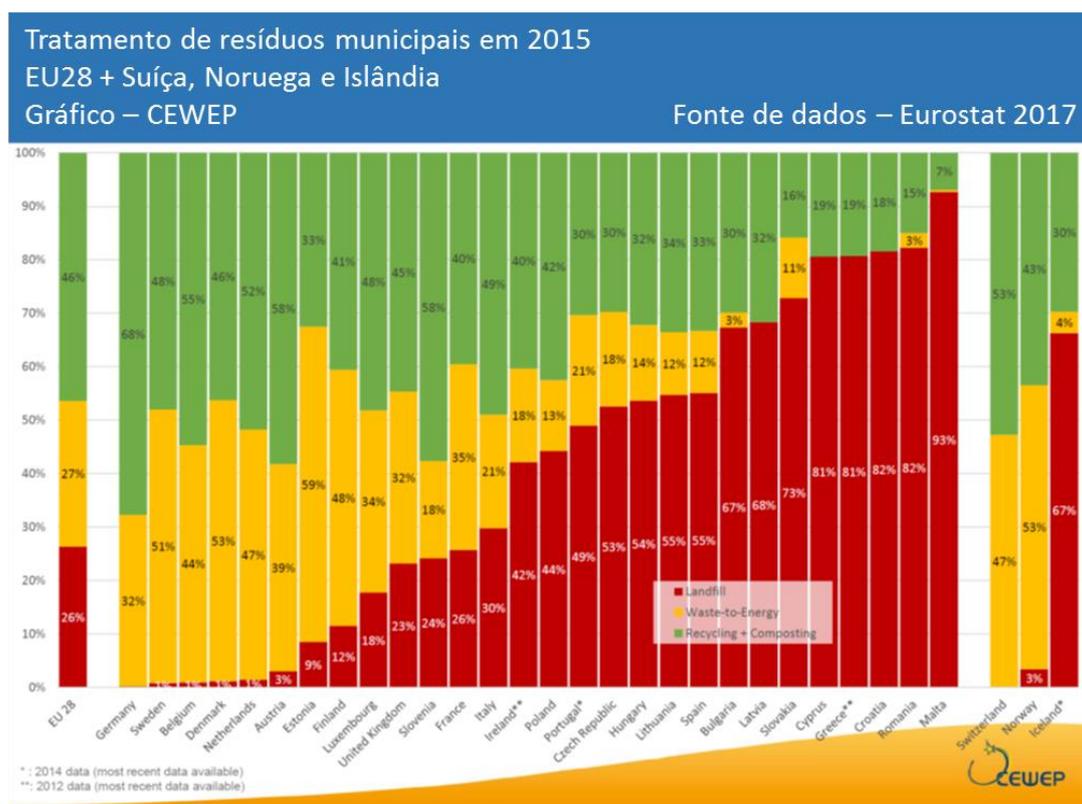


Figura 7 – Destino dos resíduos sólidos urbanos na Europa em 2015.

(estatística adaptada de <http://www.cewep.eu>)

E agora deixamos aqui novamente a pergunta – e sabendo a dimensão do problema, o que podemos fazer para tornar a situação mais sustentável. Mais uma vez há muitas coisas e muitas já são de conhecimento geral como a ideia de Reduzir, Reutilizar, Reciclar (os 3 Rs).

Como vamos ver no filme (<https://www.youtube.com/watch?v=Ptp6JGAF3o0>) os nossos desperdícios contêm material muito valioso e que pode, e deve, ser reaproveitado. O material que está contido nos resíduos é mesmo já designado como *matéria-prima secundária*, para reforçar esta ideia.

Ora temos agora que chamar outra vez a atenção para o papel da Engenharia Química e áreas relacionadas com este propósito. Por um lado, caberá em grande parte aos Engenheiros Químicos e

de Materiais desenhar produtos que sejam mais fáceis de reciclar, por outro lado caberá também a estes engenheiros desenvolver as técnicas de reciclagem, não só a reciclagem mecânica, que é a mais conhecida, mas também a reciclagem química, em que se aproveitam os compostos químicos presentes no lixo para produzir novos produtos, ou fazer o aproveitamento energético. Muitos dos resíduos que produzimos não só têm material importante, como também têm um elevado conteúdo energético. Este conteúdo energético já é aproveitado pelo Mundo fora, e em particular na Europa, para produzir eletricidade, calor ou mesmo combustíveis. Podemos, a propósito, lembrar a figura 4 em que vimos que a Biomassa e Resíduos tinham já um contributo importante para a geração de energia. E agora lembra-te: É um grande desperdício, desperdiçar os teus desperdícios.

Experiências no Laboratório

Continuando com a tradição dos Laboratórios Abertos, a seguir às palestras, oferecidas aos alunos do ensino secundário e às “conversas à volta de um filme”, para os alunos do 2º e 3º ciclos do ensino básico, decorre um conjunto interactivo de experiências realizadas nos laboratórios do departamento de engenharia química.

Este conjunto de experiências foi desenhado por professores, investigadores e alunos do núcleo de engenharia química, com o objectivo de dar uma imagem positiva do papel que a ciência e a tecnologia representam para o futuro dos jovens que nos visitam, no desenrolar da sua futura carreira profissional e para o bem-estar da sociedade em geral.

Poesia nos Laboratórios

Fernando Cunha

Aluno do Mestrado Integrado em Engenharia Química,

Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco

Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Bem-vindos ao IST,

Aos laboratórios abertos!

Agora prestem atenção

E estejam bem despertos!

A magia da química

Aqui vão aprender.

Vão sair daqui mais espertos

E cheios de saber!

Conheçam os nosso amigos,

Dos tubos à bureta.

Temos ácidos e bases

E p'ros misturar a vareta!

100% Orgânico

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

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

^bCQFM/IN e IBB, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Todos os compostos contendo carbono e hidrogénio são compostos orgânicos independentemente da sua origem ser natural ou sintetizado pelo homem. 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 extracção e separação. Estas moléculas, que existem na natureza, podem também ser obtidas a partir de outros compostos químicos através de reacções químicas, exactamente 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 activas. Muitos destes compostos podem apresentar 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 isolam compostos orgânicos de produtos naturais e como se obtêm por transformação (reações), ilustrando alguns dos procedimentos habituais num laboratório de química orgânica. Mostram-se ainda alguns fenómenos que relacionam a química com a luz.

Isolamento do limoneno da laranja

Da extracção mecânica da casca de laranja obtém-se o óleo de laranja que 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).

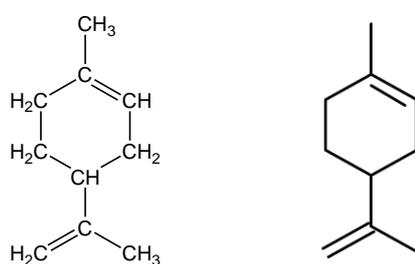


Figura 3 – Duas fórmulas de estruturas químicas do limoneno.

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

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.

Extração de antocianinas de rosas vermelhas

A grande variedade de cores apresentada pelas plantas, são devidas à presença de compostos orgânicos pertencentes a três classes de pigmentos: as clorofilas, os carotenóides e os flavonóides.

Por exemplo: as rosas são vermelhas devido à presença de antocianinas que pertencem à família dos flavonóides (Figura 6).

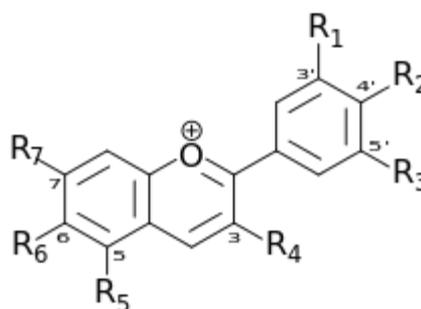


Figura 6 – Estrutura básica das antocianinas existentes nas rosas vermelhas

Os grupos R podem ser hidrogénios, grupos hidroxilo (OH) e moléculas de açúcares (β -D-glucose, β -D-galactose e α -D-ramnose) que dependendo do seu número e posição influenciam bastante a cor apresentada que pode ir desde o vermelho, rosa, azul, violeta ao púrpura. A possível existência de complexação com metais e variação do pH do meio, afeta igualmente a coloração observada.

Na seguinte experiência vamos mostrar como se pode extrair este pigmento das pétalas de rosas vermelhas, através de uma técnica denominada extração em soxhlet¹⁻⁶ (Figura 7).

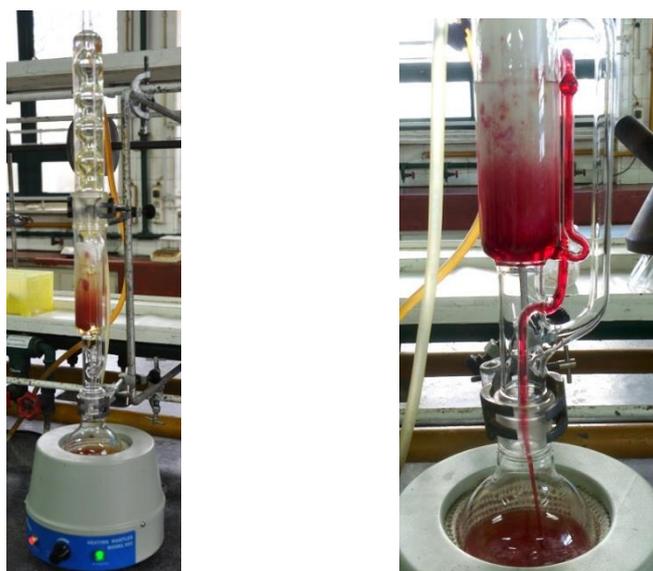


Figura 7 – Extração das antocianinas em soxhlet com etanol aquoso

Nesta técnica, usa-se como solvente etanol aquoso. Ao ser aquecido entra em ebulição, evapora, condensa no extrator sobre as pétalas de rosa que se encontram dentro de um cartucho de papel, sendo depois reconduzido ao balão juntamente com o pigmento. Para isolar as antocianinas, é agora necessário remover o solvente por destilação e o modo mais rápido é recorrendo ao evaporador rotativo ou rotavapor (Figura 8).



Figura 8 - Destilação do etanol num rotavapor

Depois de isolados estes pigmentos podem ser utilizados para outros fins sem ser somente como corantes. Um exemplo é o estudo das antocianinas obtidas das rosas vermelhas na estabilização do teor de gordura nos iogurtes⁷.

Referências

- 1 – C. Eugster, E. Markl-Fischer, *Angew.Chem. Int. Ed.* **1991**, 30, 654-672.
- 2 – T. Goto, T. Kondo, *Angew. Chem. Int. Ed.* **1991**, 30, 17-33.
- 3 – http://www.chemistryviews.org/details/news/10466233/Red_Rose_Pigments.html, acesso 15 Jan 2018.
- 4 – http://www.chemistryviews.org/details/ezine/9064741/The_Colors_of_Life.html, acesso 15 Jan 2018.
- 5 – https://www.suntory.com/sic/research/s_bluerose/secret/, acesso 15 Jan 2018.
- 6 – <http://web.ist.utl.pt/palmira/antocianinas.html>, acesso 15 Jan 2018.
- 7 – <file:///C:/Users/Dulce/Downloads/2012030102482440.pdf>, acesso 15 Jan 2018.

Preparação da vanilina

A baunilha ou vanilina é a segunda especiaria mais cara do mundo (a seguir ao açafrão). É obtida das vagens de orquídeas do género *vanilla* originárias do México, envolvendo um grande trabalho na

preparação e extracção das vagens. Dos cerca de 200 compostos orgânicos obtidos da extracção desta planta, é a vanilina que está presente em maior quantidade e lhe confere o aroma característico da baunilha. Só 5% da vanilina comercializada tem origem natural. Os restantes 95% da vanilina utilizada como aromatizante, é de origem sintética (Figura 9) e é a que podemos encontrar na quase totalidade de produtos encontrados no mercado (Figura 10)^{1,2}.



Figura 9 – Flor e vagens de vanilina, vanilina de origem natural e sintética.



Figura 10 – Produtos da indústria contendo vanilina sintética.

A vanilina ou o 4-hidroxi-3-metoxibenzaldeído é constituído por átomos de carbono, hidrogénio e oxigénio e tem a estrutura química representada na figura 11.

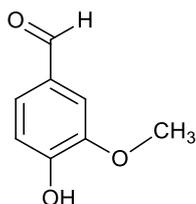


Figura 11 – Estrutura química da vanilina.

Para obter um composto orgânico através de uma transformação química é necessário pôr em contacto 2 ou mais reagentes em certas condições, chamadas condições reacionais. Para um mesmo composto podem existir várias vias de síntese possíveis. Industrialmente a vanilina pode ser obtida a partir da madeira, glucose e por processos enzimáticos. Num laboratório de química orgânica, ela é facilmente obtida fazendo reagir o 4-hidroxibenzaldeído com uma solução de bromo em metanol (solvente), resultando na formação de uma ligação entre um átomo de carbono e um de bromo. A substituição de bromo pelo grupo $-OCH_3$ (metoxilo) usando um catalisador de cobre em acetato de etilo (solvente) origina a vanilina^{3,4} (Figura 12).

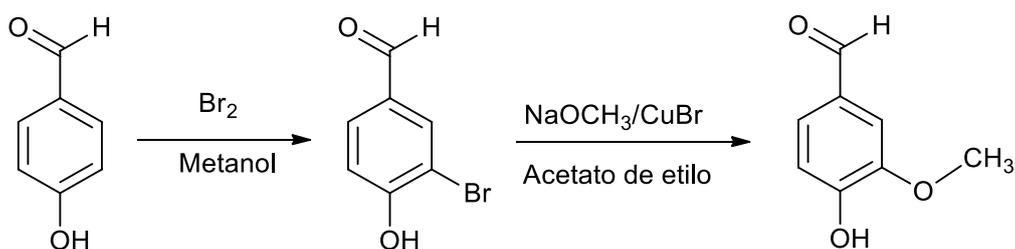


Figura 12 – Esquema reacional da formação da vanilina

Na figura 13 pode observar-se a montagem para realizar a síntese deste composto consistindo num balão de 3 tubuladuras, condensador de refluxo. A adição dos reagentes é feita gota a gota, através de uma ampola de carga com igualizador de pressão e com agitação magnética.



Figura 13 – Montagem para a reacção de síntese da vanilina.

Após tratamento da mistura reaccional, o produto é isolado por filtração a vácuo depois de arrefecido em gelo (Figura 14).



Figura 14 – Isolamento do produto por filtração a vácuo.

Referências

- 1 – <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/vanillin/vanillin.htm>, acesso 15 Jan 2018.
- 2 – R. Kumar, P. Sharma, P. Mishra, *International Journal of Pharm Tech Research*, **2012**, 4, (1), 266-279.
- 3 – D. Taber, S. Patel, T. Hambleton, *J. Chem. Educ.*, **2007**, 84 (7), 1158.
- 4 – <https://pdfs.semanticscholar.org/1d63/19ea6ee70c6018684c33e89e9cc7dcbe7e02.pdf>, acesso 15 Jan 2018.

Experiências às escuras

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, colares, que se dobram até partir e ficam luminosos durante bastantes horas¹ (Figura 15).



Figura 15 – “Glow Party”

Quando surgiram os primeiros produtos deste gênero, nos anos 70, os chamados “glow sticks” ou “cyalume” tinham como principal função servir de luz de emergência. Hoje em dia 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, campismo, mergulho, pesca, etc (Figura 16).



Figura 16 – 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 química².

Quando se juntam determinados reagentes, uma das moléculas, (ativador - ACT), é eletronicamente excitada devido à reação, regressando depois ao seu estado fundamental emitindo nessa altura luz fluorescente. Nos “glow sticks”, os reagentes estão em 2 compartimentos separados. No momento em que se dobra, quebra-se um dos compartimentos, originando a reação com a consequente emissão de luz que dura várias horas (Figura 17).

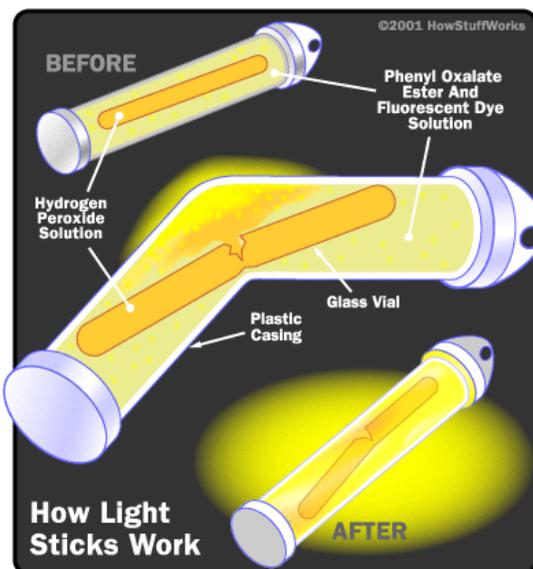


Figura 17 – Como funciona um “Glow stick”

<http://science.howstuffworks.com/innovation/everyday-innovations/light-stick2.htm>

Nesta experiência vamos mostrar este 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 18). Verifica-se também a liberação de dióxido de carbono³.

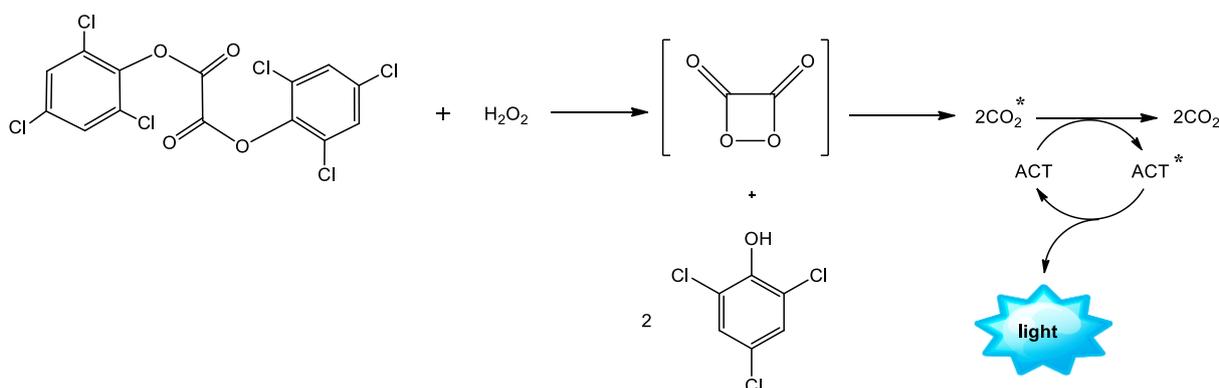


Figura 18 – Reação de quimiluminescência com um ativador (ACT)

A cor emitida dependerá do ativador utilizado⁴. Por exemplo com a rodamina a luz emitida é vermelha, com o trans-9-(2-feniletetil)antraceno⁵ é azul, com a eosina é laranja e com o rubreno é amarela (Figura 19).

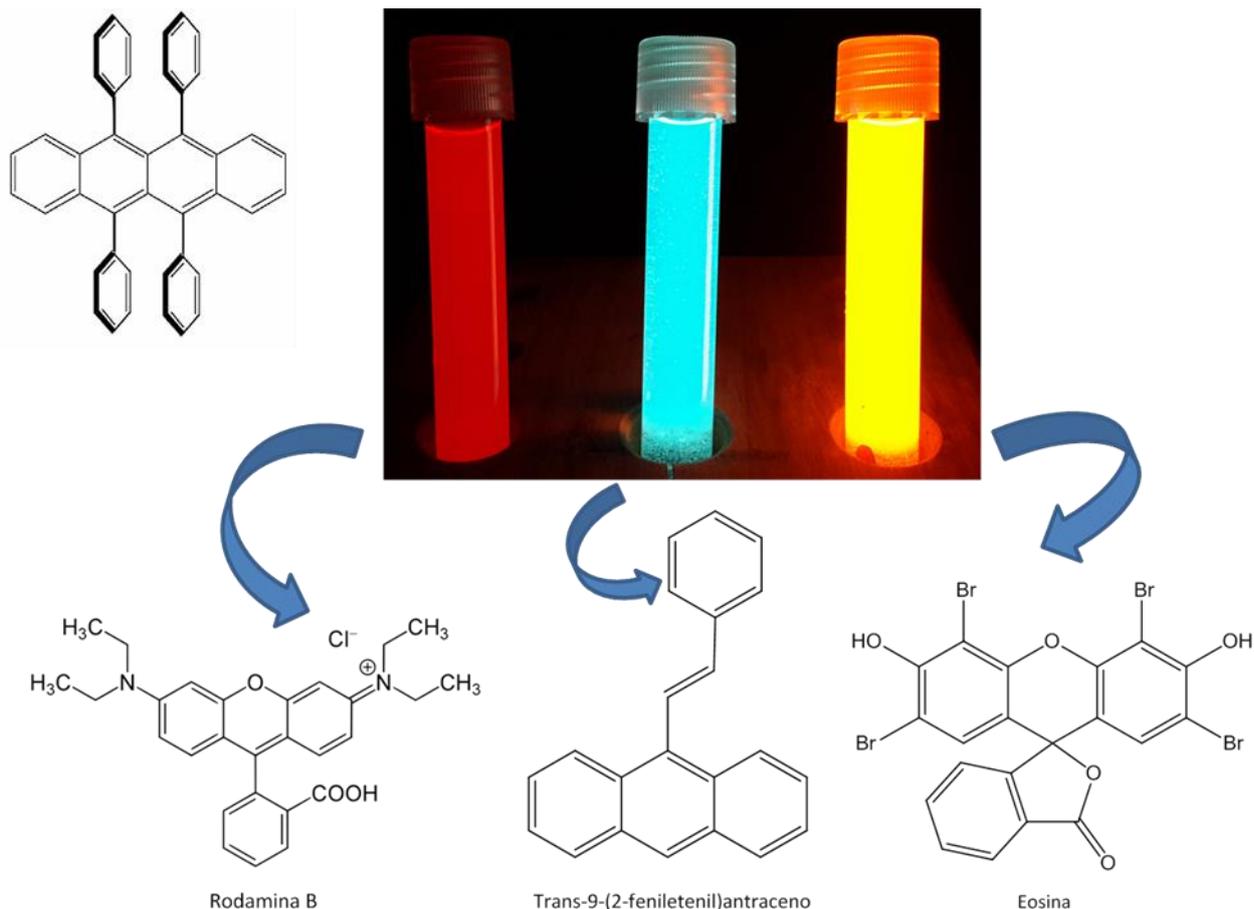


Figura 19 – Reações de quimiluminescência com vários ativadores.

Como aplicação prática deste fenómeno, vamos mostrar como se ativam os “glow sticks” (Figura 20).



Figura 20 – Ativação de um “Glow stick”.

Fluorescência

Existem compostos orgânicos que são fluorescentes quando observados sob uma lâmpada de ultra violeta como por exemplo, o quinino existente na água tônica, a fluoresceína (Figura 21) muito utilizada para detecção de águas subterrâneas, exames oftalmológicos (angiogramas) e como marcador biológico, como por exemplo em química forense.

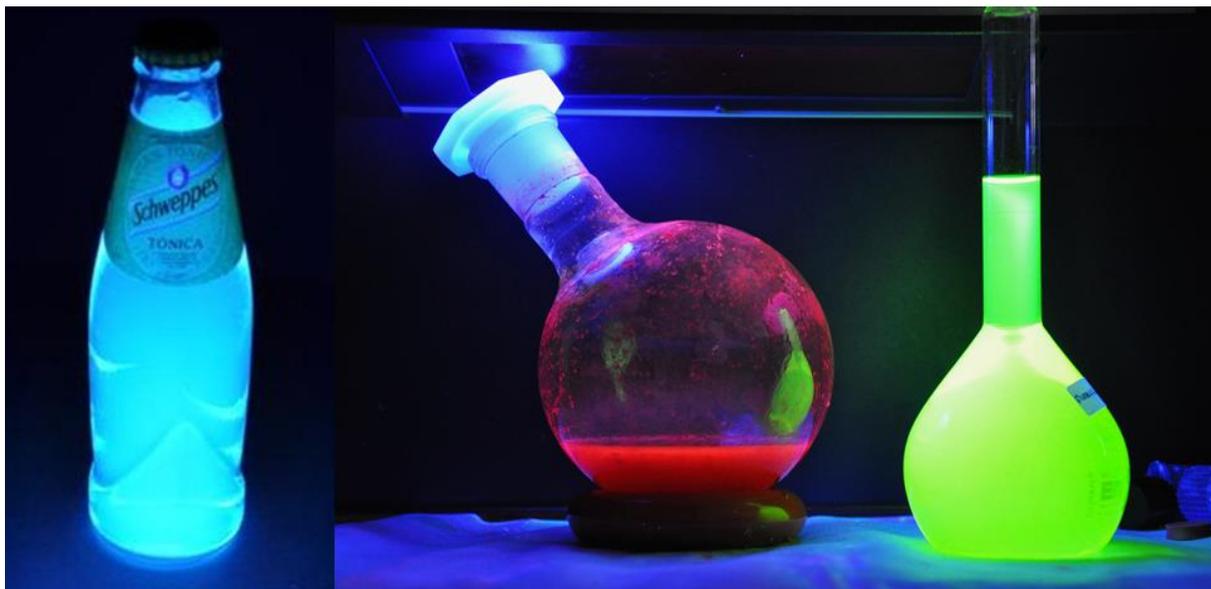


Figura 21 – Água tônica, solução de eosina e de fluoresceína sob luz ultra violeta.

Existem também compostos fluorescentes em notas, cartas de condução e outro tipo de documentos (Figura 22). Este tipo de análise é de igual modo usado em investigação criminal para verificação da validade de papel-moeda e de diversos documentos.

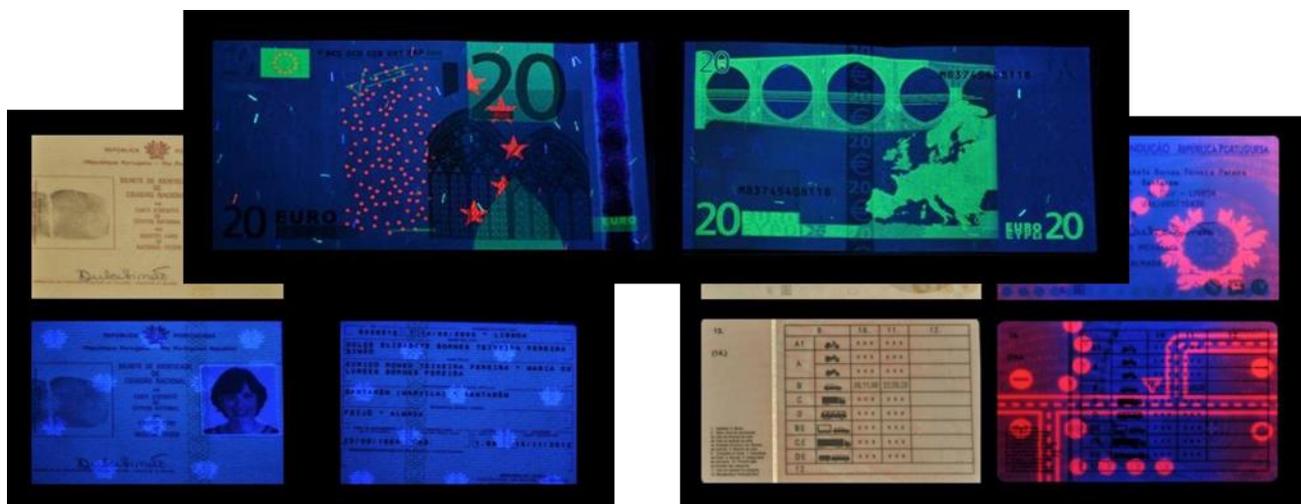


Figura 22 – Vários documentos e notas sob luz natural e sob luz ultra violeta.

Referências

- 1 – <http://www.glow.pt/> (consultado em 18 de Jan 2015)
- 2 - R. Albertin et al, *Química Nova*, 21, **1998**, 772.
- 3 - F. McCapra, *Methods Enzymol.*, **2000**, 305, 633 – 659.
- 4 – <http://www.youtube.com/watch?v=titOOpyJP5k> (consultado em 18 Jan 2015)
- 5 - D. Simão, “100 experiências de química orgânica”, **2011**, ISTPress, Exp.48, pág. 199.

Fosforescência

Escrever com luz e outros truques luminosos

Rita Pires e Vasco Bonifácio

CQFM/IN e IBB, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

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 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 23).



Figura 23 – Ponteiro laser de cor azul e alguns exemplos de objectos fabricados com materiais fosforescentes.

O quadro mágico

Material:

- placa fosforescente (por exemplo uma placa de sinalização de saída de emergência)
- ponteiro laser de cor azul (ou telemóvel com filtro improvisado)

Esta actividade 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?

Referências

1. Mário N. Berberan e Santos, Raios Químicos e Química Radiosa, *Química* **2015**, 139, 53-60.

Agradecimento

Agradeço à Carla Salvador, técnica do Laboratório de Química Orgânica, a preciosa colaboração e empenho na preparação e montagem dos trabalhos.

Let's take a...drink

Sílvia Chaves

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



Introdução

Para além da água, bebida necessária a todos os seres vivos e disponível de forma desigual no nosso planeta, os seres humanos têm hoje em dia vários tipos de bebidas à escolha, entre as quais, sumos naturais variados, feitos de frutas e/ou legumes, sumos de frutos/legumes e refrigerantes produzidos industrialmente, bebidas alcoólicas, café ou diversos tipos de chá/tisanas.

Os grãos fermentados, o sumo da fruta e o mel foram utilizados durante anos para produzir bebidas alcoólicas. Há conhecimento da existência de bebidas fermentadas desde os tempos da civilização egípcia. Também há referência a uma bebida alcoólica primitiva na China cerca de 7000 a.C. ou a uma bebida indiana resultante da destilação do arroz (*Sura*, 2000-3000 a.C.). Na Grécia, o *hidromel*, uma bebida fermentada preparada com mel e água, ganhou bastante popularidade. Várias civilizações indígenas americanas desenvolveram e consumiram bebidas alcoólicas no período pré-colombiano. Por exemplo, na região dos Andes, uma bebida fermentada, a *chicha*, foi produzida a partir de milho, uvas e maçãs. Se as bebidas fermentadas tinham um baixo teor em álcool, a utilização do processo de destilação veio tornar este tipo de bebidas mais forte. Após a Revolução Industrial, a bebida passou a ser produzida em série, tendo aumentado enormemente o número de consumidores e, conseqüentemente, os problemas sociais derivados do abuso de consumo de álcool.

O café é outra bebida muito apreciada nos nossos dias, vindo a sua história de bem longe. A planta do café é originária das terras altas da Etiópia e, se primeiro foi usada como alimento de animais e guerreiros, só a partir de finais dos anos 500 d.C. é que passa a ser cultivada pelos árabes para a utilizarem no fabrico de uma bebida a que chamavam *qahwa* (significa vinho). No entanto, a introdução do café torrado na Europa só se deu por volta do séc. XVI, trazido da ilha de Java pelos mercadores holandeses. Dada a sua grande procura e a abertura de várias casas de café pela Europa,

o café foi levado para a Índia e depois para a América do Sul onde passou a ser plantado em elevada quantidade.

O chá, considerada a segunda bebida mais consumida no mundo depois da água, tornou-se a bebida oficial da China durante a dinastia Tang (cerca 600-900 d.C.), tendo passado o hábito do seu consumo para o Japão após o regresso de monges budistas em visita na China. Só a partir do séc. XVI é que o chá foi divulgado pelo mundo: os portugueses foram os primeiros a consumi-lo na Europa (trazido pelos navegadores) mas os holandeses fizeram a primeira importação de chá da China, no início do séc. XVII.

Finalmente, os refrigerantes, que são bebidas de fabrico industrial, não alcoólicas e não fermentadas, contendo na sua composição essencialmente água e açúcar ou edulcorante, mas podendo conter também extractos ou aromas sintéticos de frutas/vegetais, acidificante, antioxidante, conservante e dióxido de carbono, começaram por ser fabricados por farmacêuticos para fins medicinais. A indústria de refrigerantes só surgiu nos finais do séc. XIX, nos Estados Unidos, com o lançamento do primeiro refrigerante com marca registada, e, poucos anos depois um farmacêutico de Atlanta criou a Coca-Cola, uma bebida refrescante desenvolvida como remédio para a dor de estômago. Sete anos mais tarde, outro farmacêutico da Carolina do Norte inventou a bebida que ficou oficialmente registada como Pepsi-Cola.

Atendendo ao consumo diversificado e abrangente dos diversos tipos de bebidas mencionadas, propõe-se neste módulo de experiências analisar a sua composição. Para isso, utilizar-se-ão testes simples, envolvendo reacções colorimétricas, tais como a detecção de cafeína e de vitamina C, a análise da actividade antioxidante e a identificação de açúcares redutores nas diferentes bebidas, sem recorrer às técnicas instrumentais normalmente existentes em laboratórios de Química Analítica.

As experiências envolvidas neste tópico são:

- Detecção de cafeína
- Presença de açúcares redutores
- Actividade antioxidante
- Identificação de vitamina C.

Detecção de cafeína

A cafeína é um alcalóide do grupo das xantinas trimetiladas que se encontra em aproximadamente 60 tipos de plantas, tais como nas folhas de vários tipos de chás, na noz de cola, nos frutos de guaraná e nos grãos de café, bem como no cacau [1]. Este composto actua como um pesticida natural, ao proteger as plantas dos insectos que delas pretendem alimentar-se. No organismo humano, a cafeína atinge a corrente sanguínea 40 minutos a 2 horas após a ingestão, sendo metabolizada essencialmente

no fígado. Este composto rapidamente atinge vários órgãos do corpo devido à sua elevada capacidade de atravessar membranas, tais como a placentária e hematoencefálica.

O consumo de cafeína tem normalmente efeitos associados tais como um aumento do estado de vigília e sensação de alerta, sensação de bem-estar e diminuição da fadiga, pelo que bebidas tais como café, chás, Red Bull ou mesmo Coca-Cola são utilizadas quando se pretende prolongar estados de maior actividade quer a nível profissional quer recreativo. No entanto, a cafeína pode ter efeitos indesejáveis, como o aumento de secreção gástrica, aumento do refluxo gastro esofágico, aumento de ansiedade e de angústia, perturbações do sono e inculir algum grau de dependência que se traduz em reacções de carência (enxaqueca, dificuldade de concentração e irritabilidade [2]).



Figura 1 - Estrutura da cafeína e exemplos de bebidas que a contêm.

Nesta experiência é averiguada a presença de cafeína numa infusão de chá verde ou em Red Bull, com ácido fosfomolibdico em meio de ácido clorídrico diluído. Forma-se um precipitado amarelo segundo a reacção indicada na Figura 2 [3], após aquecimento da amostra num banho de água durante alguns minutos.

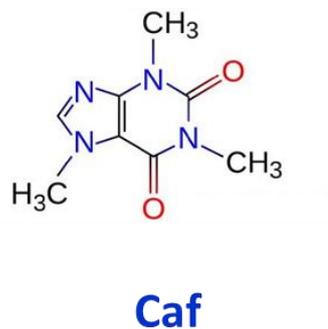
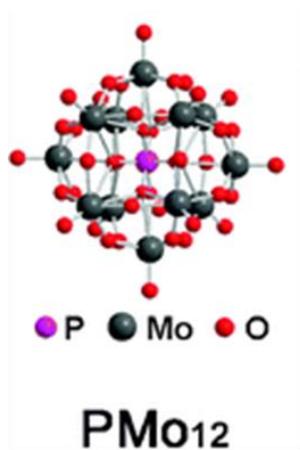


Figura 2 - Reacção de identificação da cafeína (Caf) usando ácido fosfomolibdico (PMo₁₂).

Na Figura 3 podem-se observar duas fotografias, uma contendo o resultado do teste para uma amostra (chá verde) e um branco (sumo Bongo), enquanto a outra fotografia revela o resultado obtido quando é usada uma solução de cafeína preparada no laboratório. Neste último caso, é particularmente mais visível a cor amarela do precipitado formado.



Figura 3 - Teste da presença de cafeína para uma amostra de chá verde (positivo), sumo Bongo (negativo) e para uma solução de cafeína preparada no laboratório.

Presença de açúcares redutores

Os hidratos de carbono, e mais concretamente os açúcares, são a principal fonte de energia para o nosso corpo, mas também nos dão prazer quando ingerimos alimentos, adicionando-lhes sabor doce, aroma e textura. Os hidratos de carbono produzem ainda efeitos fisiológicos, tais como o impacto na saciedade e esvaziamento gástrico, além da influência sobre a glicémia. Em concreto, no caso dos refrigerantes não diet/light, o açúcar é o ingrediente presente em maior quantidade, logo a seguir à água. Entre os diversos tipos de açúcar, o mais comum é a sacarose, produzida comercialmente a partir de cana-de-açúcar ou de beterraba, e vulgarmente usada como adoçante em bebidas. Os sumos naturais contêm frutose, que tem teores mais elevados se as frutas forem uvas, mangas, peras, maçãs ou melancia mas muito menor se forem citrinos.

Os açúcares podem ser não hidrolisáveis, ou seja, **monossacarídeos** (glicose, ribose, frutose), ou hidrolisáveis, tais como os **dissacarídeos** (sacarose, maltose), que originam 2 moléculas de monossacarídeos por hidrólise, ou ainda os polissacarídeos (amido), que sofrem hidrólise produzindo vários monossacarídeos.

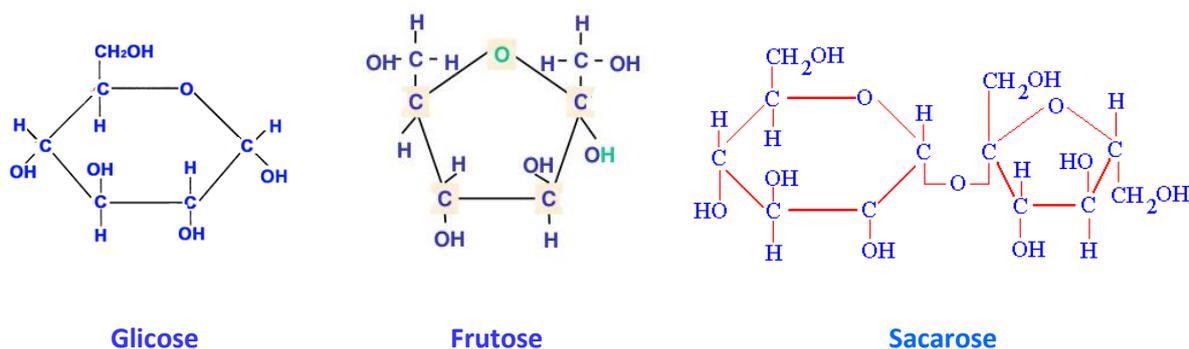


Figura 4 - Exemplos de dois monossacarídeos e de um dissacarídeo.

Os açúcares que possuem um grupo OH livre na posição C-1 são bons agentes redutores e designam-se por açúcares redutores. Exemplos de açúcares redutores são **monossacarídeos** como a **glicose** e a **frutose**, bem como **dissacarídeos** tais como a **lactose** e a **maltose**. Este tipo de açúcares é capaz de reduzir iões metálicos em solução alcalina sob aquecimento, como ocorre no teste de Benedict [4], que se baseia na redução de iões Cu^{2+} a Cu^+ , com formação de um precipitado vermelho de óxido cuproso (Cu_2O).



Neste teste é adicionada uma amostra (Coca-Cola ou outros sumos industriais) a uma mistura de uma solução A (citrato em meio básico) e de uma solução B (solução aquosa de sulfato de cobre), levando-se, em seguida, a um banho de água fervente. Após cerca de 2-3 minutos, o desenvolvimento de uma

cor entre esverdeada e vermelha indica a presença na amostra de açúcares redutores. A cor do precipitado obtido dá uma ideia do teor em açúcares redutores presente na amostra (% em g): esverdeada (0.5%), amarela (1%), laranja (1.5%) e vermelha ($\geq 2\%$).

Para evitar a formação de um precipitado negro de CuO, que mascararia o resultado final do teste de Benedict, a solução A contém citrato, que garante a presença dos iões Cu^{2+} em solução mediante a formação de um complexo com o citrato.

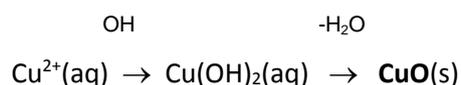


Figura 5 - Teste de Benedict para duas amostras (Coca-Cola, Bongo) e um branco (água mineral).

Actividade antioxidante

Antioxidantes são compostos capazes de evitar a oxidação de moléculas simples a polímeros e biosistemas complexos, inibindo a formação de radicais livres. Se bem que o nosso organismo produza naturalmente radicais livres (importantes no combate a inflamações), quando aqueles são gerados em excesso são responsáveis por danos celulares, tais como peroxidação lipídica e degradação de proteínas e DNA, estando associados a várias doenças, tais como aterosclerose, diabetes e cancro, bem como a processos degenerativos tais como o envelhecimento [5]. A ingestão de bebidas contendo antioxidantes é pois uma forma de contribuição para uma dieta anti stress oxidativo. Os principais antioxidantes que se podem encontrar em bebidas são os carotenóides beta-caroteno e licopeno, corantes naturais encontrados em diversos frutos e vegetais de cor avermelhado, alaranjada e

amarelada (cenoura, tomate, laranja, pêsego, abóbora, goiaba); os flavonóides, catequina, quercetina e resveratrol, que são produzidos naturalmente por vegetais para proteger contra a radiação solar e os organismos patogénicos, encontrados em frutas de coloração avermelhada, roxa ou azul (uva, morango, romã, mirtilo, framboesa), bem como em bebidas tais como no vinho tinto, chás ou café; vitamina C (ácido ascórbico), passível de ser ingerida em frutas tais como melão, citrinos, manga, abacaxi, mirtilo, morango ou framboesa.

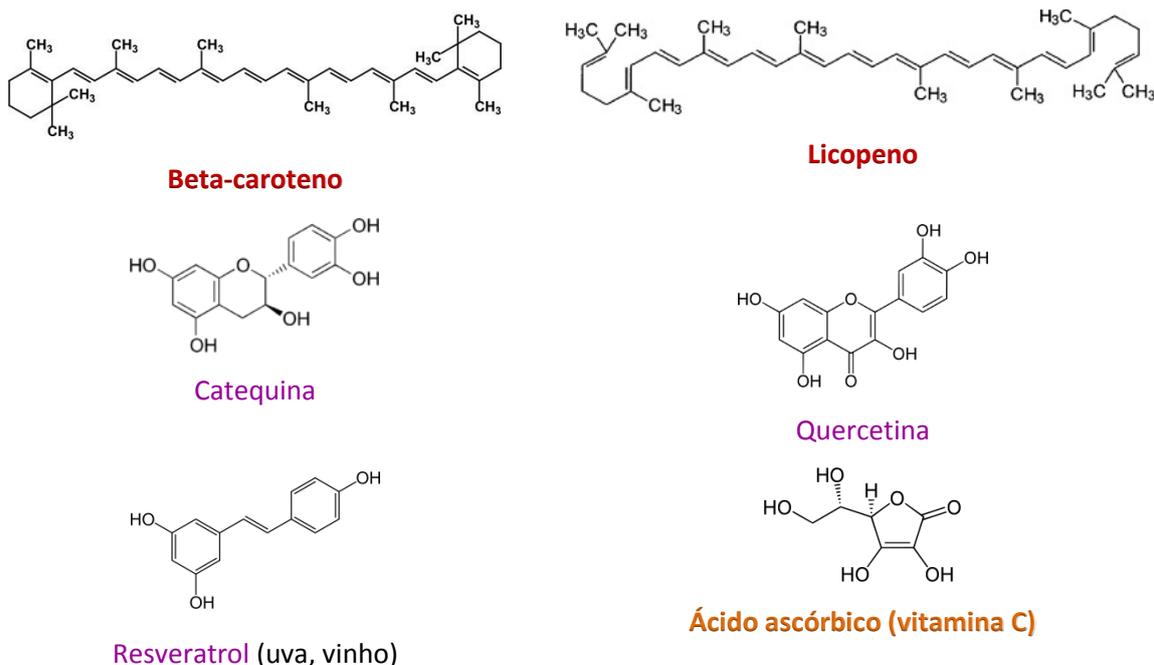


Figura 6 - Estruturas de alguns antioxidantes: *carotenóides*, *flavonóides* e *vitamina C*.

Os antioxidantes podem interferir no processo de oxidação, reagindo e neutralizando os radicais livres, deste modo atrasando ou evitando danos provocados por estes.

É utilizado o método do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (**DPPH***) para indicar a presença de antioxidantes (A-H) em bebidas, tais como sumos naturais, vinho tinto ou chá verde. O método do radical livre DPPH* [6] permite uma detção fácil e rápida da actividade anti-radicalar, sendo o efeito dos antioxidantes sobre o radical DPPH* atribuído à capacidade que estes compostos têm de doar átomos de hidrogénio, ocorrendo a descoloração da solução violeta do radical livre DPPH* quando é adicionada a amostra contendo antioxidantes.

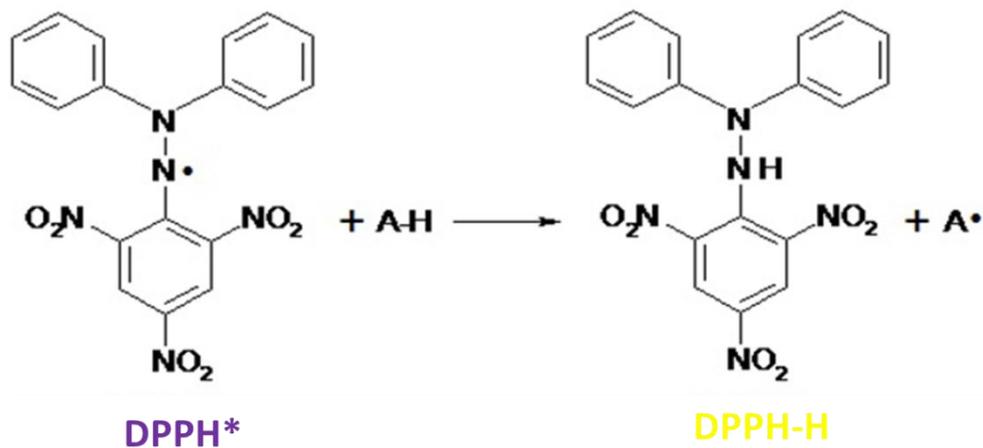


Figura 7 - Actividade antioxidante num sumo Vitaminas Multifrutos (positivo) e em água tônica (negativo).

Identificação de vitamina C

As frutas têm um elevado valor nutritivo, nomeadamente em vitaminas, minerais e carboidratos. Os sumos de frutas são muito apreciados e consumidos em todo o mundo, não só devido aos seus diversos sabores como às suas propriedades nutricionais, sendo ricos principalmente em ácido ascórbico.

O ácido ascórbico, ou vitamina C, está envolvido em diversas reacções celulares, sendo a sua principal função a hidroxilação do colagénio, proteína que dá resistência aos ossos, dentes, tendões e paredes dos vasos sanguíneos. É também um antioxidante potente (aditivo alimentar E300), responsável por transformar os radicais livres em formas inertes, além de ser usado na síntese de neurotransmissores.

A sua falta provoca o escorbuto, uma doença que aparecia frequentemente entre os marinheiros, devido à falta de consumo de fruta e legumes frescos.

Ao pH fisiológico, o ácido ascórbico encontra-se na forma do seu ião ascorbato, que é uma espécie muito estável devido a deslocalização electrónica (ver Figura 8).

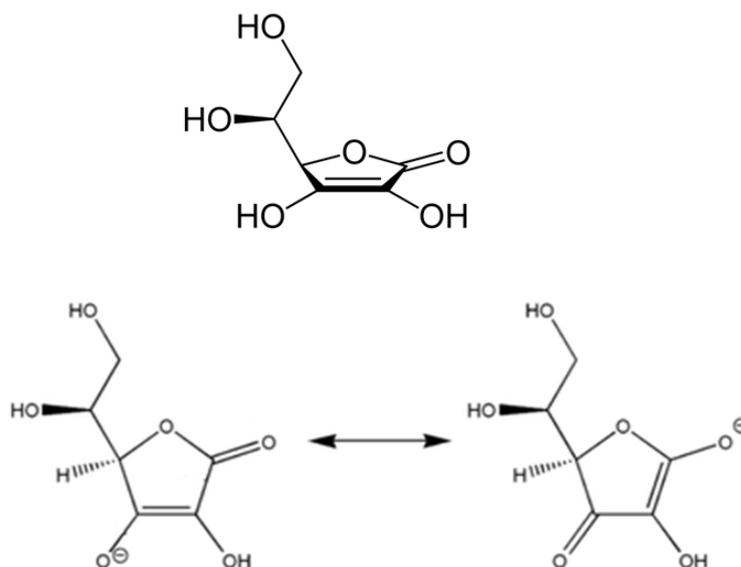


Figura 8 - Estrutura do ácido ascórbico e deslocalização electrónica no anião ascorbato.

Nesta experiência é comparado o conteúdo em vitamina C de sumos naturais frescos e de sumos de frutos industriais, através de um método iodométrico. A amostra é titulada com uma solução de tintura de iodo dando-se uma reacção redox, em que o iodo é reduzido a iodeto através da oxidação do ácido ascórbico a ácido desidroascórbico. (ver Figura 9). Quando todo o ácido ascórbico é titulado, o excesso de iodo adicionado é detectado a partir da presença do indicador amido e a titulação termina.

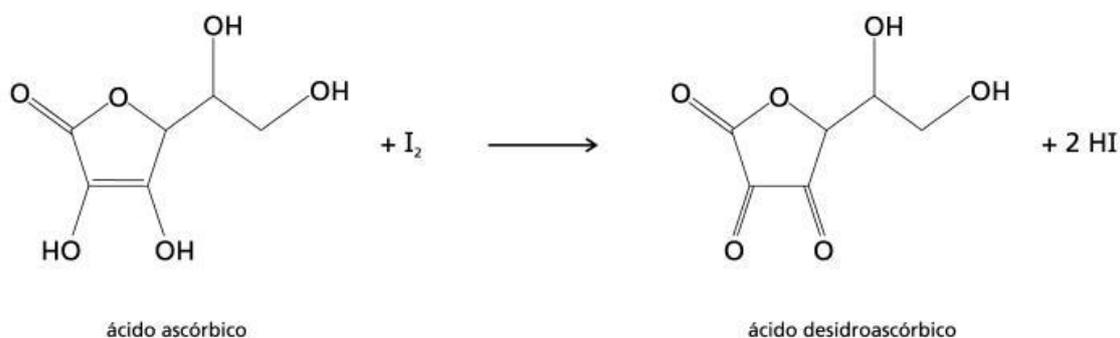
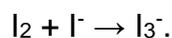
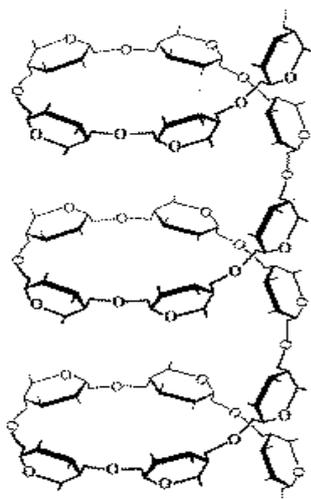


Figura 9 - Reacção do ácido ascórbico com o iodo.

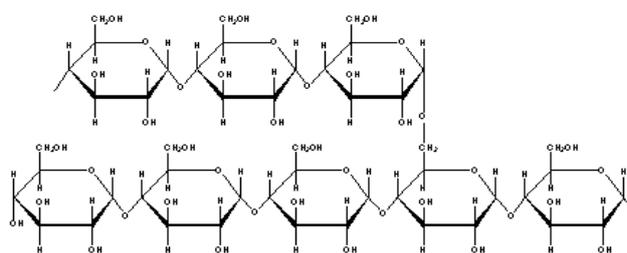
O amido é uma mistura de dois polissacáridos, a amilose (10-20%) e a amilopectina (80-90%). A amilose é uma macromolécula com 250 - 300 resíduos de D-glicose, possuindo uma estrutura helicoidal. Ao adicionar uma solução de iodo ao amido, na realidade está a adicionar-se o anião triiodeto porque, em solução aquosa, tem-se a reacção:



O anião triiodeto fica “aprisionado” no interior das hélices de amilose e aparece uma cor intensa azul acinzentada.



Amilose



Amilopectina

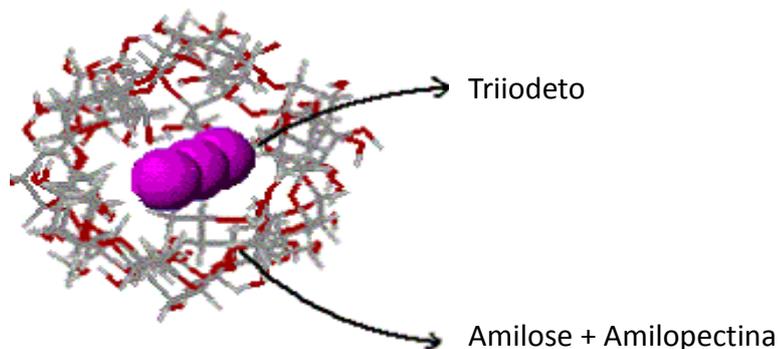


Figura 10 - Polissacáridos constituintes do amido e aprisionamento do triiodeto.

A quantidade de vitamina C na amostra é proporcional ao número de gotas de tintura de iodo necessárias para aparecer a cor azul acinzentada e esse número é maior no caso, por exemplo, de uma amostra de sumo de limão fresco do que no caso de um sumo de frutas industrial. De notar, ainda, que a vitamina C se oxida rapidamente na presença do ar pelo que é desejável a ingestão de sumos naturais frescos, ou seja, acabados de preparar.



Figura 11 - Identificação de vitamina C numa amostra de sumo de limão.

Referências

- [1] <https://www.infoescola.com/drogas/caffeina/> (consultado em 12 de Janeiro de 2018).
- [2] A. Nehlig, J.L. Daval, G. Debry, Brain Research Reviews. 17 (1992) 139–170.
- [3] R.A. Daoust, J. Am. Pharm. Assoc. XLII, 12 (1953) 744-746.
- [4] S.R. Benedict, J. Biol. Chem. 5 (1909) 485-487.
- [5] O.V. Brenna, E.L.M. Ceppi, G. Giovanelli, Food Chem. 115 (2009) 119-123.
- [6] G. C. Yen, P. D. Duh, J. Agric. Food Chem. 42 (1994) 629-632.

Agradecimento

Agradeço à Técnica de Laboratório Ana Isabel Vicente a sua colaboração na optimização das experiências deste módulo e na realização das fotografias que o ilustram.

Um Químico na Cozinha

Textos adaptados por António Costa e Tânia Stattmiller

Alunos de Mestrado Integrado em Engenharia Química

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



Além da possibilidade de criar pratos saborosos, cozinhar pode ajudar na aprendizagem de outros temas, como a química. Seja nas tarefas diárias ou em ocasiões específicas, bem como na tentativa de se tirar o cheiro de peixe impregnado nas mãos após o preparo, ou na simples, mas importante tarefa de se gelar uma bebida de forma mais rápida, algumas situações quotidianas podem transformar a nossa cozinha num pequeno laboratório pessoal. Da mesma forma que um químico, o cozinheiro segue receitas, faz ajustes, transforma os ingredientes com aquecimento e ação mecânica.

A gastronomia molecular é o ramo da ciência dos alimentos, que estuda a culinária a nível doméstico ou de restaurante. Diferencia-se das ciências alimentares tradicionais pelo facto do seu objeto de estudo serem as preparações em pequena escala, e não as industriais. A utilização da ciência na cozinha possibilitou um progresso na criação de pratos, com o uso de novas tecnologias e um maior conhecimento sobre os fenómenos físico-químicos que estão por trás da preparação de alimentos. Através da inovação em termos de tecnologia, o *Chef* passa a ter liberdade total na criatividade, na preparação e na apresentação dos pratos. De entre as técnicas mais utilizadas temos: os hidrocolóides, conhecidos como gomas, que tem por finalidade dar textura aos alimentos, ou seja, engrossar, emulsionar e produzir espumas. Estes podem ser encontrados em produtos naturais bem conhecidos como algas marinhas, sementes, raízes, seiva de árvores e cascas de fruta. Industrialmente são conhecidos como ágar-ágar, goma gelana, goma xantana, lecitina de soja, entre outras.

Esparguete colorido^{†1}

Procedimento experimental:

Num copo de precipitação, começam-se por ferver 300mL de água. Posteriormente juntam-se 2g de ágar-ágar em pó e corante alimentar da cor desejada, agitando sempre o preparado. Depois de um breve repouso, com o auxílio de uma seringa, aspiram-se cerca de 3mL para o interior de um tubo de silicone e mergulha-se o mesmo numa proveta com água e gelo, cerca de 45s, para que a solução arrefeça e gelifique. Por último basta pressionar a seringa e recolher o esparguete para um prato, repetindo-se os últimos passos da gelificação o número de vezes necessária para a quantidade pretendida (Figura 1).



Figura 1 – Formação de esparguete colorido.

Explicação:

Nos restaurantes gourmet, a técnica usada é semelhante mas, em vez de usarem água, cozem-se vegetais (grelos, espinafres,...). Nesse caso, primeiro forma-se a polpa a partir dos vegetais previamente cozidos e com o auxílio de um passador recolhe-se simplesmente o suco e é a este que se junta água e ágar-ágar, levando ao lume de seguida. Nesta experiência utiliza-se a técnica de gelificação que consiste na formação de um gel, geralmente por descida de temperatura, sendo o gel formado rígido e de formas bem definidas.

[†] Texto original publicado no Livro dos Laboratórios Abertos 2014 por Filipa Franco, Rita Vilas Boas, Faissen Lordeiro, Miguel Almeida Alunos do Mestrado Integrado em Engenharia Química



Figura 2 – Gelificação no restaurante

“Espumas doces”[‡]

Procedimento experimental:

Começa-se por derreter 80-100g de chocolate de culinária num copo de precipitação numa placa de aquecimento. Adicionam-se 300mL de água e, após ferver, junta-se uma colher de chá de lecitina, agitando sempre a solução. Deixa-se arrefecer um pouco e coloca-se num recipiente com um diâmetro bastante superior ao de uma varinha mágica. Com o auxílio da mesma faz-se círculos à superfície do preparado, originando a espuma que deve ser recolhida com uma colher para um copo (Figura 3). Guarde no frigorífico cerca de 5 minutos antes de servir.



Figura 3 – Formação de espumas.

[‡] Texto original publicado no Livro dos Laboratórios Abertos 2014 por Filipa Franco, Rita Vilas Boas, Faissen Lordeiro, Miguel Almeida Alunos do Mestrado Integrado em Engenharia Química

Explicação:

As espumas são frequentes nos novos pratos de cozinha vanguardista (Figura 4) e devem ser feitas na hora. Os ingleses chamam *vapor* a esta espuma, e os espanhóis, *aire*, para não se confundir com a espuma de sifão que tem, ao contrário desta, consistência de uma mousse. É feita à base de um líquido (sumo, caldo, infusão, etc.) e usa-se lecitina, um pó produzido comercialmente a partir da soja, que vai funcionar como um agente emulsionante para impedir que a água e a gordura se separem nos alimentos.



Figura 4 – Espumas no restaurante

Recomenda-se o uso da batedeira de claras apenas com as pontas mergulhadas no líquido para formar espuma. As lâminas da varinha devem ser de metal e não plástico que impede a estabilização das espumas.

Experiência “Magia ou Fermento”²

Procedimento experimental:

Num copo colocar água bem quente e deitar duas a três colheres de fermento numa luva de latex. Em seguida, colocar a luva no copo (de maneira a que a luva fique presa às extremidades do copo) e segurá-la bem pois com o efeito do fermento a luva vai subindo (Figura 5).



Figura 5 – Magia ou fermento?

Explicação:

Adiciona-se fermento a um bolo para o fazer crescer e ficar bem fofinho (agente levedante). Mas o que é o fermento? O fermento para bolos é composto por uma base (bicarbonato de sódio) e por um ácido que, na presença de água, vão interagir e dar origem a novos produtos, sendo o mais importante o dióxido de carbono (um gás). O fermento contém ainda amido que absorve a humidade do ar, mantendo aqueles dois componentes separados e secos e impedindo que reajam. Quando se mistura o fermento com um líquido contendo água dá-se uma reação química entre o bicarbonato e o ácido. Esta reação dá-se mais rapidamente a quente, sendo por isso esta experiência realizada com água bem quente. O aspeto mais importante desta reação é a formação de dióxido de carbono, um gás que deixa bolsas de ar no bolo, tornando-os mais leves e maiores. Por esta razão é que os bolos não devem esperar muito antes de ir para o forno. Embora lentamente, o gás formado vai evaporando (“escapando”). No forno, o gás forma-se rapidamente e simultaneamente, a massa coze e o bolo cresce.



Figura 6 – Bolo no forno

Esferificação Básica ³

Procedimento experimental:

Adicionar alginato (0,5g) num recipiente contendo o líquido com o qual se pretende fazer as esferas e mexer a mistura com uma varinha mágica até ficar tudo dissolvido. Em seguida, adicionar gota a gota o alginato para uma solução de cloreto de cálcio (0,5 g), que foi dissolvido em água. Devido às suas propriedades químicas, o alginato reage com o cálcio o que resulta na formação da película que reveste as esferas resultantes da esferificação. Ocorre assim a formação de pequenas esferas de gel. Utilizar uma seringa para formar as chamadas esferas que dão origem ao “caviar” (Figura 7).



Figura 7 – Esferificação “caviar”

Explicação:

O alginato é um sal orgânico derivado de hidratos de carbono do tipo fibra. É extraído de algas castanhas (*Macrocystis*, *Fucus*, *Laminaria ascopylum*) encontradas em mares e oceanos frios. O alginato de sódio ocorre como pó fino ou grosso de cor branca a branco-amarelada, sem sabor. É bastante hidrossolúvel, formando uma solução coloidal viscosa, é assim um agente suspensor. É usado na indústria alimentar como aditivo estabilizante para alterar a viscosidade do leite ou molhos, por exemplo; como agente de suspensão e espessante em sumos de frutas; como estabilizante da espuma da cerveja; como agente formador de revestimento de carne e peixe. Fazendo reagir o alginato de sódio com o cloreto de cálcio, ocorre uma reacção química ficando os iões de cálcio a fazer ligações iónicas com os grupos carboxilato do alginato, ligados em cadeia, tal como ovos nas suas embalagens de cartão. Imaginem que os ovos são os iões cálcio e as embalagens o alginato. É esta estrutura que origina o gel (Figura 8).

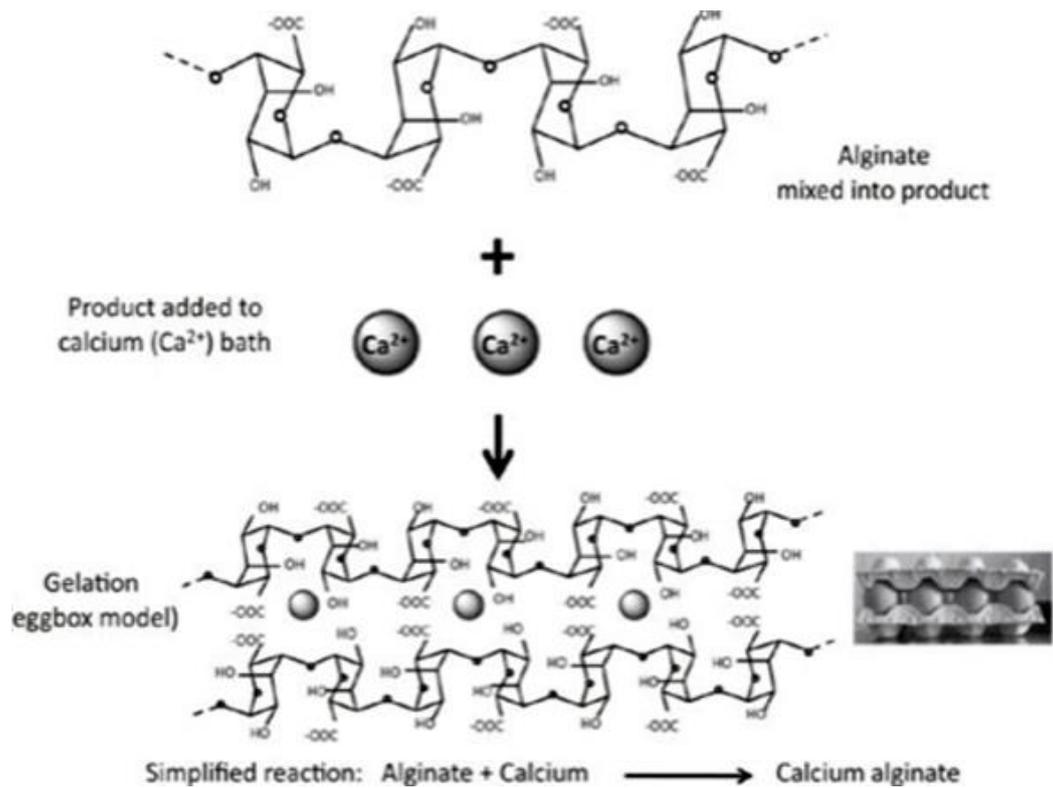


Figura 8 – Reação de formação do alginato de cálcio na esferificação

<http://www.foodhighs.com/2016/07/14/kitchen-chemistry-basic-spherification/>

Esta técnica é muito utilizada na gastronomia molecular (Figura 9)



Figura 9 – Esferificação no restaurante

Esferificação Inversa ⁴

Procedimento experimental:

Para fazer a Esferificação Inversa, precisamos de uma solução de banho com 0,5% de alginato de sódio (0,5 g por 100 g de líquido aromatizado). Como a maioria dos hidrocolóides, o alginato precisa ser

disperso no líquido e hidratado antes de poder gelar na presença de íões de cálcio. Para tal convém que se siga os seguintes conselhos:

- Use água destilada. A água não pode conter íões de cálcio livres ou o banho engrossará e gelará à medida que o cálcio reage com o alginato de sódio antes de soltar o líquido aromatizado com cálcio. A maioria da água da torneira contém íões de cálcio.

- A água precisa ser fria ou, de outra forma, o alginato de sódio pode hidratar-se e gelar antes de se dispersar, resultando em caroços de gel.



Figura 9 – Esferificação inversa em restaurante

Para facilitar a dispersão, pode pré-misturar alginato de sódio seco com outro ingrediente em pó, como o açúcar.

Misture o alginato de sódio em 1/3 de água com um liquidificador de imersão até dissolver completamente. Tenha em mente que o alginato de sódio é difícil de dispersar e hidratar em água e esse processo pode demorar alguns minutos.

Em seguida, adicione o resto da água e mantenha na geladeira por 12 a 24 horas para remover as bolhas de ar criadas pelo liquidificador.

A mistura de alginato de sódio com qualquer líquido geralmente resulta em muitas bolhas de ar presas no líquido denso resultante. Estas são um problema porque podem criar pontos fracos na membrana da esfera que irá quebrar ou escorrer facilmente. Para tal faça um destes processos:

- Deixe-o descansar: este é o método mais comum. Deixe a solução com alginato de sódio descansar na geladeira. Dependendo da densidade do líquido, isso pode demorar de 1 a 24 horas.

- Passe-o através de uma peneira fina: para acelerar o processo, você pode passar a solução de alginato de sódio através de uma peneira fina. Deixe o líquido fluir através dele sozinho sem aplicar pressão. Talvez você precise repetir este processo algumas vezes.

Explicação:

Nesta esferificação, os reagentes trocam de lugar. Desta vez é adicionado o cloreto de cálcio (0,5 g) no líquido desejado que então passa por um banho na solução de alginato (0,5 g). Para fazer o banho de alginato o ideal é misturar a solução com uma varinha mágica. Como o cloreto de cálcio em grande quantidade dá sabor ao líquido em questão, é utilizado no seu lugar Gluconato e Lactato de cálcio. Como na esferificação básica, a reação acontece entre o alginato e o cloreto de cálcio. No entanto, nesta técnica as esferas formadas são maiores (gemas). Como a reação é de dentro para fora, a tendência é para formar um emaranhado do complexo alginato-cálcio no exterior da esfera.



Figura 10 – Esferificação inversa

Referências

- [1] <http://jocooking.typepad.com/jocooking/2008/03/kit-esparguete.html> (consultado em 20 de Dezembro)
- [2] <http://ead.hemocentro.fmrp.usp.br/joomla/index.php/laboratorio/adote-uma-experiencia/475-adote-uma-experiencia-fermentacao> (consultado em 20 de Dezembro)
- [3] <https://pratofundo.com/1595/molecular-como-se-faz-esferificacao/> (consultado em 20 de Dezembro)
- [4] <http://www.molecularrecipies.com/spherification-class/reverse-spherification/> (consultado a 20 de Dezembro)

Coisas que só acontecem com o frio!

Maria Fernanda N.N. Carvalho, José Armando Luísa da Silva

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

As propriedades das substâncias e produtos variam de acordo com as condições do ambiente em que se encontram. Assim, na Terra a água pode encontrar-se no estado líquido (rios, mares, torneira), no estado sólido (polos, congelador) ou no estado gasoso (vapor emitido pela chaleira).

De acordo com as circunstâncias a água (H_2O) pode adquirir propriedades diferentes. O gelo, por exemplo, é sólido e estaladiço. O mesmo acontece com os frutos e os vegetais quando expostos a temperaturas muito negativas, devido ao seu elevado teor em água. Estes exemplos mostram que as propriedades de uma substância ou material são função da sua composição e da envolvente ambiental em que se encontram. E isso é QUÍMICA!

No estado gasoso as moléculas encontram-se muito pouco organizadas e ocupam um grande volume. Movimentam-se com um elevado grau de liberdade e quase não colidem. Se forem obrigadas a ocupar menos espaço (aumento de pressão) terão que se organizar e interagir umas com as outras podendo passar ao estado líquido. No estado líquido o grau de organização é muito maior mas ainda não tão grande como no estado sólido em que as moléculas ficam muito «arrumadinhas», sem mobilidade mas dispendo ainda de energia vibracional.

Uma outra forma de promover a organização das moléculas que constituem uma substância é através da variação da temperatura e da pressão. Aumentando a pressão e/ou baixando a temperatura poderemos conseguir promover as mudanças de estado:



Fonte livro didáctico público

gasoso



líquido



sólido

e *vice-versa*, diminuindo a pressão e/ou aumentando a temperatura é possível promover as alterações inversas.

Uma função muito importante do químico (ou aspirante a químico) é observar e correlacionar o que sucede para poder interpretar os fenómenos que ocorrem na vida do dia a dia.

Debrucemo-nos um pouco sobre o que acontece aos sólidos, líquidos e gases quando submetidos a um abaixamento brusco de temperatura. Por exemplo, à temperatura do nitrogénio líquido (-196 °C, mesmo muito frio!) o iogurte vira sorvete, as folhas das árvores quebram como vidro, uma lata cheia com uma bebida gaseificada rebenta e nem o super-homem consegue tirar uma tampa de um frasco «vazio»!

Porque sucedem tais coisas?

O iogurte é um fluido que ao ser misturado com nitrogénio líquido, endurece e «aprisiona» os componentes do ar. Tal facto confere à mistura leveza e cremosidade que o simples arrefecimento no frigorífico, não pode proporcionar.

Já as folhas das árvores contêm uma elevada percentagem de água a qual passa instantaneamente ao estado sólido quando em contacto com nitrogénio líquido. Tal facto confere às folhas rigidez e fragilidade.

Nos refrigerantes (por exemplo, coca-cola, sumol) a bebida é constituído maioritariamente por água e o gás dióxido de carbono. Quando uma lata da bebida gaseificada é submetida a um abaixamento rápido de temperatura (por imersão em nitrogénio líquido) tanto o líquido como o gás que a constituem passam ao estado sólido.



As ligações de hidrogénio que se estabelecem entre as moléculas da água no estado sólido, reorganizam o espaço entre elas e provocam o aumento de volume comparativamente ao líquido e em consequência a pressão dentro do recipiente que contém a bebida aumenta ao ponto de poder levar à sua rutura. Entretanto o gás (CO₂) passa também ao estado sólido sob a forma de gelo seco, pois a temperatura em que se transforma num sólido (-78 °C) é mais elevada que a do nitrogénio líquido. Este processo no caso do dióxido de carbono (CO₂) não contribui para o aumento de volume e se a lata estivesse apenas meio cheia, a diminuição do volume dos gases nela contidos, poderia mesmo

compensar o aumento de volume provocado pela solidificação da água e o recipiente não rebentaria.

O arrefecimento pode reduzir em muito a pressão num recipiente fechado, como se as moléculas que se encontram no seu interior se aproximassem devido ao frio. Poderemos facilmente evidenciar este fenómeno através da colocação no congelador de uma garrafa de vidro bem tapada com uma rolha em que não

será fácil retirar a rolha da garrafa, enquanto esta não voltar à temperatura ambiente (atenção a



garrafa pode quebrar se o vidro não for suficientemente resistente, pelo que devem ser tomadas medidas para evitar o contacto direto com o vidro – segurando-a com uma toalha – para prevenir cortes se ocorrer a quebra da garrafa). Se em vez da garrafa de vidro usarmos uma garrafa de plástico, o efeito do abaixamento de pressão é claramente visível pela contração da garrafa.

Se as dificuldades para a abertura da garrafa são evidentes arrefecendo uma garrafa a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, colocando em nitrogénio líquido, um balão de fundo redondo tapado com uma rolha bem ajustada, durante alguns minutos será quase impossível tirar a rolha, mesmo aplicando muita força. A explicação é a já referida e tem a ver com a redução do volume ocupado pelas moléculas dos constituintes do ar dentro do balão. Quando a pressão no interior passa a ser menor do que a atmosférica (antes do arrefecimento era igual) a rolha é como se fosse «sugada» e daí a enorme dificuldade para ser retirada. Caso coloquemos o balão fora do nitrogénio líquido tempo suficiente para que a sua temperatura fique próxima da ambiente, o ar passa a ter um comportamento semelhante ao do exterior do balão e por isso torna-se fácil retirar a rolha, tal como acontecia antes de mergulhar o balão «vazio» em nitrogénio líquido.



Os produtos com baixo teor de água, como por exemplo a madeira, são muito mais resistentes a alterações provocadas por variações drásticas de temperaturas. Já se incorporarmos água na celulose (principal constituinte da madeira) e submetermos o compósito assim obtido a um abaixamento rápido de temperatura, por imersão em nitrogénio líquido, obtemos um material com tenacidade e dureza tais, que pode ser usado para fazer martelos ou

brocas capazes de perfurar madeira. Por outro lado, os produtos com baixo teor de água recuperam após imersão em nitrogénio líquido e as suas propriedades não se alteram significativamente, já os produtos de origem biológica com elevado teor de água, como por exemplo as folhas de alface (a), após serem imersas em nitrogénio líquido (b) ficam estaladiças e quebram (c) e quando regressam à temperatura ambiente (T_{amb}) perdem o aspecto viçoso e parecem estar degradadas (d).

Tudo isto é QUÍMICA!



a) alface



b) após imersão em N_2 líquido



c) estilhaçada



d) após regresso à T_{amb}

Observar, correlacionar e criar hipóteses é o que sempre fizeram e fazem os cientistas.

Queres ser cientista?

Então começa por observar o que te rodeia e formula questões, depois verifica se consegues provar algumas das hipóteses. Por exemplo, tenta justificar:

1. a formação bolhas duras e quebradiças quando adicionas rapidamente nitrogénio líquido a água a ferver em que se adicionou detergente;
2. porque é que a rolha de uma garrafa de água acabada de tirar do congelador:
 - a. não sai, se a garrafa estiver quase vazia
 - b. sai sem dificuldade se a garrafa estiver quase cheia
3. os vegetais uma vez congelados não voltam a ter a textura original «viçosa».

Há coisas que só acontecem a temperatura muito baixa porque a estrutura e a energia da matéria variam e conseqüentemente as suas propriedades também.

Eng. Química: do 8 ao 80

Fátima Rosa^a, Licínio Ferreira^a, Ana Paula S. Dias^b

^aCERENA, ^bLAETA, IDMEC

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

A Engenharia, numa perspectiva ampla, poder-se-á definir como a ciência que trata do estudo e aplicações práticas dos diversos ramos da tecnologia, com o objectivo de resolver problemas e satisfazer necessidades da Humanidade.

Pretende-se com este texto mostrar que em ambiente de laboratório se podem explorar e experimentar técnicas de Engenharia Química habitualmente usadas à escala fabril, esperando que este contacto vos desperte o interesse por este ramo da Engenharia e para as excelentes oportunidades que no futuro pode proporcionar.

Permuta iónica

A permuta iónica é um processo de separação através do qual iões de determinada carga existentes numa solução, são substituídos por uma quantidade equivalente de iões da mesma carga presentes num material sólido, resina de permuta iónica.

As resinas de permuta iónica são formadas por uma matriz à qual estão ligados grupos iónicos fixos, além dos iões que se podem movimentar na estrutura (os contra iões). As resinas catiónicas carregadas com catiões (iões móveis positivos) são capazes de remover os catiões Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , assim como outros metais presentes em água ou numa determinada solução, enquanto nas resinas aniónicas carregadas com aniões (iões móveis negativos) removem os sulfatos, cloretos e nitratos.

Estas substâncias têm a forma de pequenos grãos cujas dimensões variam entre 0,2 a 1 mm [1] como se pode ver na Figura 1.



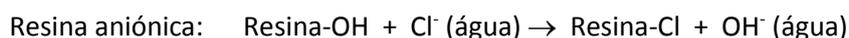
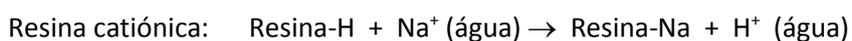
Figura 1 - Aspecto de resina catiónica

Quando se pretende utilizar água em aplicações mais exigentes no respeitante à quantidade de sais e metais, como é o caso da água para alimentação de caldeiras, que precisa que se retirem os sais como cálcio e magnésio para não entupir as tubagens e reduzir a capacidade de funcionamento da caldeira, para baterias de automóvel, na indústria farmacêutica que necessita água de alta pureza, o processo normalmente utilizado é o da permuta iónica.

Através desta técnica consegue-se remover os sais minerais dissolvidos na água que ainda permanecem após os tratamentos preliminares, qualquer que seja o fim a que se destina.

Considere-se uma água a tratar que é submetida a reacção de permuta catiónica seguida de aniónica. Na resina catiónica verifica-se a permuta dos seus iões móveis H^+ por número equivalente de iões metálicos (por exemplo Ca^{2+} , Cu^{2+}) ou sais (por exemplo Na^+ , K^+) presentes na água. Os ácidos formados são retirados de seguida pela resina aniónica que permuta os seus iões móveis OH^- com os aniões SO_4^{2-} , Cl^- . O ião H^+ e o ião OH^- provenientes da resina catiónica e aniónica respectivamente, reagem dando origem a uma molécula de água.

Se tivermos o caso duma água contendo cloreto de sódio tem-se as seguintes reacções:



O H^+ e o OH^- formados reagem entre si obtendo-se água isenta de sais: $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

Após várias fases de carga da resina e quando estas estiverem exaustas, há que regenerar as resinas fazendo-as passar por soluções de ácido como o HCl, ou base, por exemplo hidróxido de sódio NaOH, para lhes devolver os iões permutáveis o H^+ no caso das catiónicas e OH^- para as aniónicas

Com a passagem de HCl ou NaOH retiram-se os iões dos minerais retidos deixando os iões H^+ ou OH^- no seu lugar

Resina catiónica: Resina-Na + HCl (solução regenerante) \rightarrow Resina-H + NaCl

Resina aniónica: Resina-Cl + NaOH (solução regenerante) \rightarrow Resina-OH + NaCl

Na Figura 2 mostra-se uma coluna de permuta iónica contendo resina catiónica que se utilizou para retirar os iões cobre Cu^{2+} de uma solução de sulfato de cobre. Na fotografia do meio já se nota a diferença de coloração da resina com e sem solução sulfato cobre e a coluna da direita já esta na fase exausta (resina toda azul) e que necessita de regeneração.



Figura 2 – Coluna da esquerda sem solução de sulfato de cobre, coluna do meio com solução de cobre e a coluna da direita exausta em sulfato de cobre

Uma unidade utilizada à escala industrial de permuta iónica - Figura 3, - consiste de colunas cilíndricas com enchimento de partículas esféricas de resina, através das quais passa a solução a tratar. Uma resina de troca iónica pode ter um longo tempo de vida – cerca de 10 anos - desde que o projecto e a operação dos sistemas sejam adequados.



Figura 3- Unidade industrial de permuta iónica [2]

Aproveitamento de óleos de fritura para a produção de sabão

A gastronomia portuguesa apresenta muitas iguarias preparadas por processos de fritura. Quem não gosta da afamada bola de Berlim ou das farturas sempre presentes nas festas estivais?

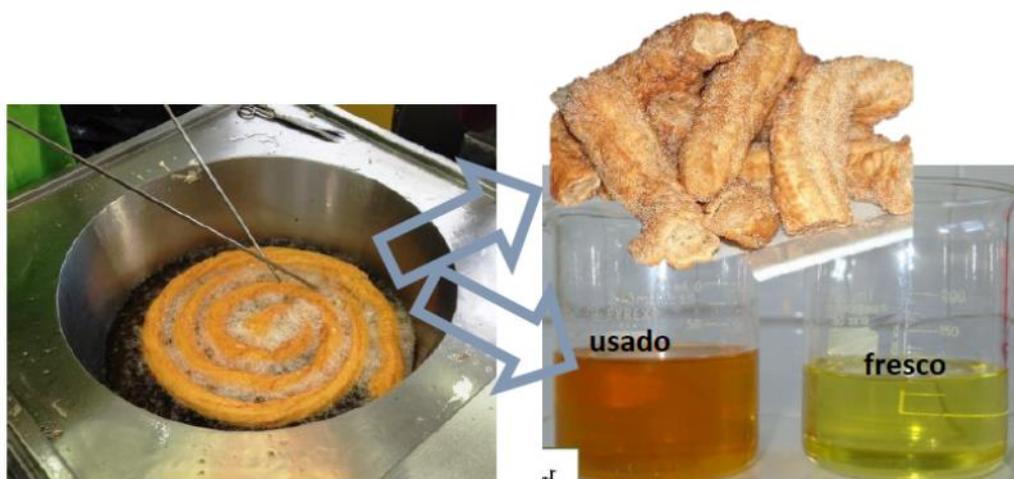


Figura 4- Fritura de farturas e óleo fresco (como é adquirido) e após fritura prolongada.

Após um número limitado de frituras, o óleo tem de ser substituído pois os produtos de oxidação, hidrólise e polimerização alteram o sabor, o odor e o seu desempenho [3]. A degradação dos óleos durante a fritura leva à formação de substâncias nefastas para o organismo o que motiva a sua substituição frequente, gerando um volume considerável de óleos usados para tratar evitando que estes contaminem os cursos de água.

Os óleos alimentares usados podem ser reutilizados de diversas maneiras: queimados para gerar calor, convertidos em biodiesel para ser usado como substituto do diesel de origem fóssil ou podem ser convertidos em sabão, entre outras aplicações [4].

O sabão produz-se na reacção de saponificação que ocorre entre as moléculas dos óleos e hidróxido de sódio (soda caustica) se pretendemos fazer uma barra de sabão ou hidróxido de potássio se pretendemos fazer são líquido.

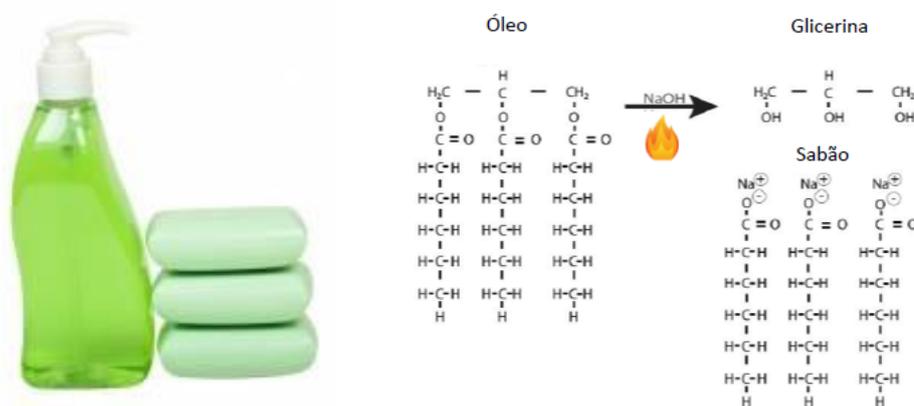


Figura 5 – Exemplo de sabão líquido e em barra e reacção de saponificação de óleos de fritura.

Embora o procedimento para a preparação do sabão seja simples (Tabela 1), não envolvendo mais que 3 passos, requerer a manipulação de reagentes perigosos tais como o hidróxido de sódio ou o hidróxido de potássio.

Tabela 1 – Etapas e ingredientes para a preparação duma barra de sabão

1L de óleo de frituras (após filtração para remoção dos sólidos em suspensão)		3. deixar repousar para solidificar.
200 g de NaOH em pérolas para facilitar a sua dissolução		2. Juntar a solução caustica ao óleo, homogeneizar
400 mL de água morna		1. Preparar a solução de soda caustica num recipiente de plástico para evitar o ataque caustico ao vidro.

A nível industrial o processo de produção de sabão é mais complexo dado que se faz uma separação da glicerina antes da reacção de saponificação.

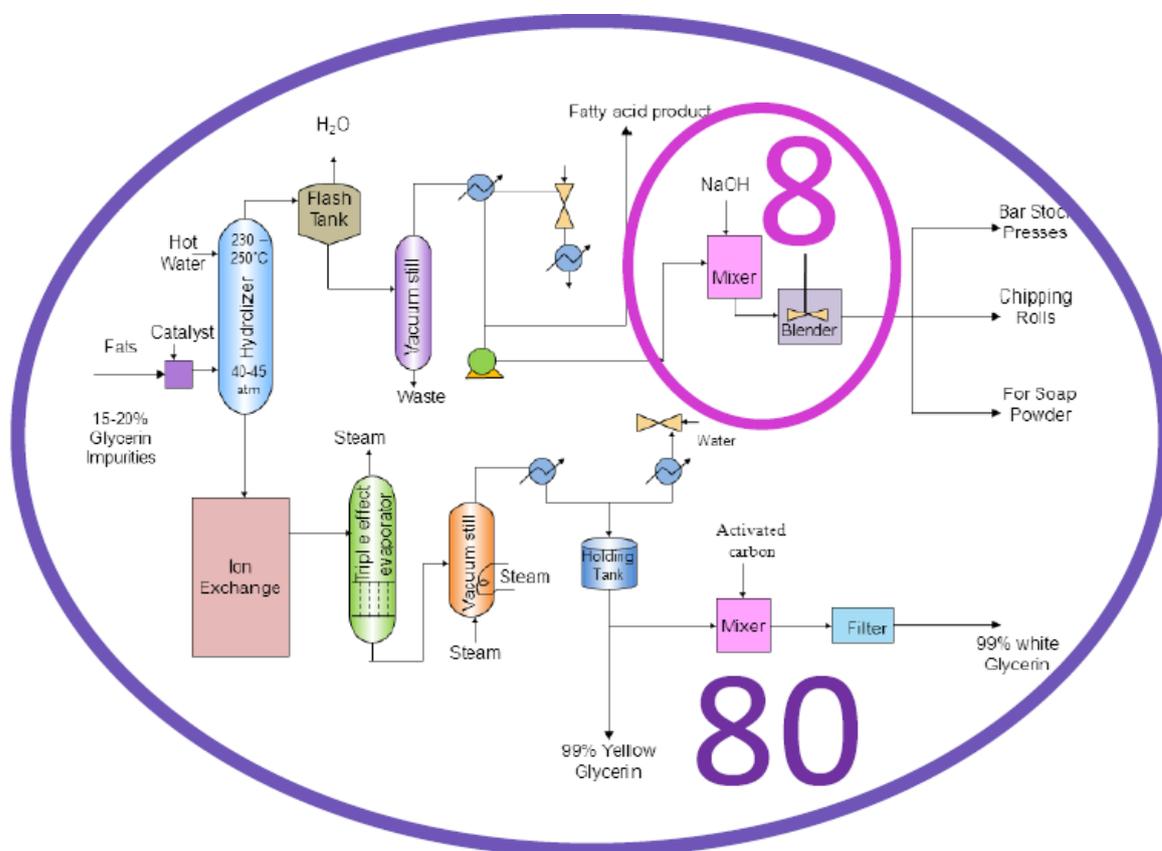


Figura 6 – Processo industrial para a produção de sabão (adaptado de <http://nptel.ac.in/courses/103103029/30>).

Destilação

A destilação é uma operação que permite separar os componentes de uma mistura líquida -desde que tenham pontos de ebulição diferentes- ou ainda separar líquidos de substâncias não voláteis.

A destilação é uma técnica conhecida desde a remota antiguidade, utilizada por exemplo na produção de bebidas alcoólicas. Actualmente tem várias aplicações a nível industrial, sendo eventualmente a mais conhecida a sua utilização na indústria petroquímica, no processo de separação do petróleo em diferentes frações de hidrocarbonetos. Neste caso, o petróleo bruto é inicialmente submetido à destilação fraccionada. Esta técnica, de modo resumido, consiste em aquecer o petróleo bruto numa caldeira e conduzi-lo à parte inferior de uma torre, denominada coluna de destilação. No seu interior, a coluna de destilação dispõe de uma série de pratos colocados a diferentes alturas e no seu topo existe um condensador que arrefece e condensa o vapor proveniente da coluna. Quando o petróleo é

aquecido até temperatura de ebulição liberta vapores que sobem pela coluna através de tubos soldados aos pratos e cobertos por campânulas, de forma que os vapores são forçados a borbulhar através do líquido existente nos pratos. O nível de líquido de cada prato é determinado pela altura de um tubo de retorno que conduz o excesso de líquido ao prato imediatamente inferior. Os componentes mais voláteis (substâncias mais leves), de mais baixo ponto de ebulição, sobem continuamente pela coluna em direcção ao seu topo, que é a parte mais fria, até condensarem. Os componentes de mais elevado ponto de ebulição condensam-se em diferentes alturas da coluna e refluem para baixo. Desta forma, consegue-se que a uma determinada altura da coluna, a temperatura permaneça constante, e que o líquido condensado em cada prato tenha sempre a mesma composição química. A esses produtos de composição química definida chamam-se fracções, de que são exemplo, principalmente, o gás de cozinha, querosene, gasolina e gasóleo.

Na base da coluna de fraccionamento, onde a temperatura é mais elevada, fica um resíduo que ainda contém fracções voláteis. Se, para estas serem recuperadas, o resíduo for aquecido a temperaturas ainda mais elevadas, ele decompõe-se. Por isso, para que a destilação prossiga, o resíduo é transportado por meio de bombas para outra coluna, onde, sob uma pressão reduzida próxima do vácuo (diminuindo a pressão diminui a temperatura de ebulição), continua em ebulição a uma temperatura mais baixa, não destrutiva, e as fracções vaporizam-se. Esta destilação adicional decompõe o resíduo em óleo diesel ("fuel-oil"), óleo lubrificante, asfalto e cera parafínica.

Para a obtenção de maior variedade de produtos, as fracções mais pesadas são ainda "partidas" em fracções mais leves pelo processo designado de *Cracking*. Este processo consiste, essencialmente, em decompor pelo calor ou por uso de um catalisador, as moléculas grandes das substâncias pesadas, cujo ponto de ebulição é elevado, para obter substâncias constituídas por moléculas de tamanho menor e que correspondem a substâncias mais voláteis, logo com ponto de ebulição mais baixo. Deste modo, por exemplo, o *fuel-oil* (óleo combustível pesado) pode ser convertido em gasolina.

Na Figura 7 pode ver-se, à esquerda, o esquema de uma coluna de destilação "modo laboratório" e à direita a representação de um modelo industrial, com os diversos produtos obtidos.

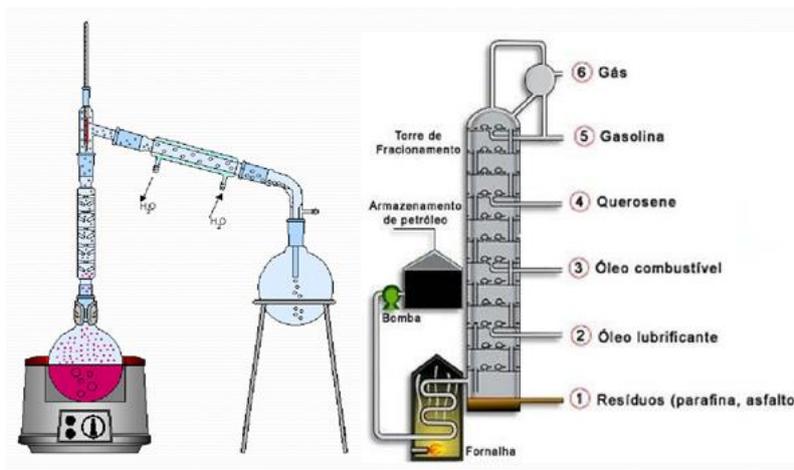


Figura 7 – Coluna de destilação fracionada [5]

Ultrafiltração

Os avanços da Ciência e da Tecnologia nem sempre se devem a descobertas extraordinárias no campo dos materiais ou das suas utilizações. Novos processos ou mecanismos são uma fonte igualmente decisiva nesta procura incessante que tem caracterizado a evolução da Humanidade desde sempre.

A filtração por membrana é uma das modernas tecnologias utilizadas para a clarificação, concentração e separação de componentes, dessalinização e purificação de uma grande variedade de bebidas. É também aplicada com o objectivo de melhorar a segurança alimentar de muitos produtos, pois reduz a contaminação microbiana e elimina substâncias indesejáveis, dispensando assim o recurso a tratamentos mais invasivos, nomeadamente térmicos.

Esta técnica utiliza uma barreira física sob a forma de membrana porosa ou filtro para separar as partículas num fluido, como pode ver-se na Figura 8. Estas partículas são separadas com base no seu tamanho e forma, utilizando o efeito da pressão e membranas especialmente desenhadas para o efeito, com poros de diferentes diâmetros.



Figura 8–Membrana de ultrafiltração

Embora haja diferentes métodos de filtração por membrana (osmose inversa, nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração, em ordem crescente do diâmetro dos poros da membrana), todos eles visam a separação ou concentração de substâncias num líquido.

A ultrafiltração é um processo intermédio no que refere ao tamanho dos poros, retendo tipicamente moléculas com massa molar entre 500 e 500 000 Daltons.

A ultrafiltração do leite representa a primeira verdadeira inovação na história da confecção do queijo, oferecendo vantagens consideráveis [6]. Durante o processo de fabrico de queijo, alguns dos nutrientes presentes no leite são perdidos no soro (hidratos de carbono, vitaminas solúveis e minerais). A ultrafiltração revelou-se um meio eficaz para recuperar estes subprodutos, que podem ser utilizados posteriormente para desenvolver outros produtos alimentares.

Também no tratamento de efluentes a aplicação da técnica de ultrafiltração tem sido amplamente utilizada, não só evitando contaminações de diversa ordem, nomeadamente ambientais, mas também com o objectivo de recuperação de compostos presentes na corrente descarregada, para possível reutilização.

As águas residuais da indústria têxtil, dado o alto teor de corantes que normalmente apresentam, proporcionam um exemplo representativo. Muitos destes efluentes e seus subprodutos, para além da toxicidade para o Homem, podem também, sem o devido tratamento, ser altamente prejudiciais para a fauna e flora aquáticas. A eliminação ou diminuição destes impactos para níveis seguros, permitindo a reutilização da água, tornam estes processos de separação com membranas de grande utilidade.

Na ultrafiltração, a força que promove o transporte é a pressão que actua sobre a solução de alimentação, fazendo-a passar tangencialmente sobre a membrana de ultrafiltração. As macromoléculas são retidas enquanto o solvente passa livremente. A solução de alimentação dá origem a duas correntes, sendo uma designada por rejeitado, constituída pelos solutos que ficam retidos na membrana e outra, designada por permeado, que é constituída pelo solvente, como pode ver-se na foto seguinte de uma mini instalação piloto.



Suporte com membrana ultrafiltração

Permeado Solução de alimentação

Referências

- 1- <https://pt.slideshare.net/fersay/5-permuta-ionicatecnologiaquimica> (acedido em 15 de Setembro 2018)
- 2- <https://ambietel.com/pt/tratamento-de-aguas/permuta-ionica/> (acedido em 15 de Setembro 2018)
- 3- E. Choe, D. B. Min, Chemistry of Deep-Fat Frying Oils, *Journal of Food Science*, 72 (2007), R77-R86.
- 4- D. C. Panadare, V. K. Rathod, Applications of Waste Cooking Oil Other Than Biodiesel: A Review *Iranian Journal of Chemical Engineering* 12 (2015), 55-76
- 5- <https://www.infoescola.com/quimica/destilacao-fracionada/> (acedido em 15 de Setembro 2018)
- 6- Minhalma, M., and Norberta de Pinho, M. Flocculation/Flotation/Ultrafiltration Integrated Process for the Treatment of Cork Processing Wastewaters. *Environmental Science and Technology* 35, 4916-4921, 2001

Agradecimento

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

Biomateriais: ao infinito e mais além!



Ana Topete¹, Andreia Pimenta¹, Andreia Sofia Oliveira¹, Diana Silva¹, Raquel Galante¹, Helena Filipe²; Rogério Colaço³ Ana Paula Serro^{1,4}

¹CQE, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa. ²Hospital das Forças Armadas, Lisboa. ³Instituto de Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

⁴Centro de Investigação Interdisciplinar Egas Moniz, Instituto Universitário Egas Moniz, Caparica.

Quem não gostaria de ter o super-poder da estrela-do-mar ou da lagartixa, que lhes permite regenerar partes danificadas do seu corpo? Um braço novo? Uma cauda nova? Talvez, a cauda não nos interessasse muito... mas uns olhos novos para a avó certamente dariam jeito, para ela conseguir ler a receita do nosso bolo favorito de chocolate, sem se queixar que está tudo turvo. Ou uma anca nova para o avô, que gostava de dar uns toques na bola com o neto, no parque, sem ficar cheio de dores. Embora a regeneração em seres humanos ainda seja coisa de filmes de ficção científica, o que é facto é que conseguimos prolongar a funcionalidade dos nossos órgãos e tecidos, muito em parte graças à utilização de biomateriais.



Figura 1. Graças aos biomateriais vivemos mais tempo e com melhor qualidade de vida.

Mas afinal o que são biomateriais?

Os biomateriais são substâncias ou combinações de substâncias, de origem natural ou sintética, que, não sendo alimentos ou fármacos, podem ser usadas para reparar, regenerar ou substituir parcialmente ou totalmente qualquer tecido ou órgão que tenha sido danificado ou não esteja a funcionar corretamente.

Quais as aplicações dos biomateriais?

Entre as inúmeras aplicações dos biomateriais contam-se diversos tipos de próteses e implantes, e dispositivos extracorporais como as lentes de contacto e os sistemas de

diálise renal. O papel dos biomateriais é também fundamental em aplicações que envolvam a libertação prolongada de fármacos (e.g. adesivos transdérmicos e implantes hormonais), produtos de diagnóstico e na engenharia de tecidos.

No desenvolvimento de um biomaterial trabalham em conjunto químicos, engenheiros, biólogos e médicos. Os avanços científicos e tecnológicos nas ciências básicas e em áreas como a medicina e a engenharia de



Figura 2. Para desenvolver os biomateriais é necessária uma equipa multidisciplinar.

materiais, conduziram no último século a um crescimento exponencial na utilização de biomateriais, que tem contribuído de forma indiscutível para aumentar a esperança média de vida e melhorar a qualidade de vida de uma população tendencialmente envelhecida como a nossa. Atualmente são colocadas por ano, a nível mundial, 2,9 milhões de próteses articulares (na sua maioria da anca e joelho) e 12,5 milhões de implantes dentários. Mais de 125 milhões de pessoas usam lentes de contacto.

No módulo “Biomateriais: ao infinito e mais além!” vem descobrir o mundo dos biomateriais.

- Um **vídeo** ajudar-te-á a perceber um pouco mais sobre a história dos biomateriais, que materiais podem ser usados nas várias aplicações, que características devem ter os biomateriais, como é feito o seu desenvolvimento, etc.
- Poderás **contactar directamente com alguns biomateriais** utilizados em diferentes tipos de aplicações da área da ortopedia, dentária, oftalmologia, etc., e conhecer um pouco mais sobre cada um deles. Vais descobrir que com os biomateriais podes mudar a cor dos teus olhos recorrendo a lentes de contacto, que os agramos não se usam só para folhas de papel, mas também podem ajudar a fechar feridas e que já existem próteses da anca pequeninas para cães.



Figura 3. Exemplos de aplicações dos biomateriais.

- Vais também compreender que, embora todos os biomateriais tenham que ser biocompatíveis, para não induzirem efeitos nefastos no organismo, as restantes propriedades diferem consoante a aplicação: num implante mamário utilizam-se materiais macios, enquanto que os materiais usados para reparar fraturas ósseas têm uma elevada resistência mecânica; as propriedades estéticas como a cor são muito importantes quando se trata de coroas dentárias, pois ninguém quer ter dentes escuros. Vais surpreender-te com o peso de uma prótese da anca ou do joelho e com o tamanho de uma lente intraocular.
- Finalmente, para testar os teus novos conhecimentos, serás posto à prova num **jogo** em conjunto com os teus colegas. A equipa mais rápida ganha!



Figura 4, 5 e 6. “Biomateriais: ao infinito e mais além!” na Noite Europeia dos Investigadores, em outubro de 2017.

Correr atrás das reações químicas

Ana Knittel^a, Cristina Gomes de Azevedo^b, Estela Lage^c, Marta Coelho^d

^aAluna do Mestrado Integrado em Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, ^bCQE, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, ^cAluna do Mestrado Integrado em Engenharia Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, ^dDepartamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Introdução

Em química estudam-se as substâncias e as suas transformações. Transformar umas substâncias noutras, de modo a obter materiais úteis que contribuam para a melhoria da nossa qualidade de vida, é um dos objetivos desta ciência. Essas transformações de matéria designam-se por transformações químicas ou reações químicas. O estudo da velocidade das reações químicas constitui um dos objetivos de um ramo da química denominado Cinética Química. É possível determinar, por métodos experimentais, a velocidade com que decorre uma reação ao longo do tempo, (figura 1), ou seja, a sua velocidade média ou a instantânea.

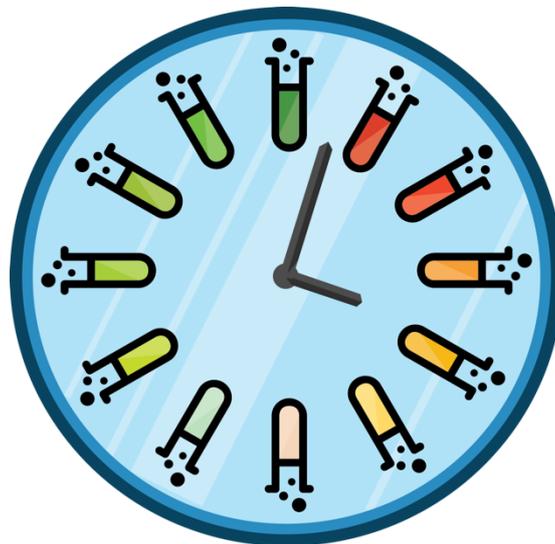


Figura 1 – O tempo e as reações químicas

As reações químicas não têm todas a mesma velocidade. Certas reações são rápidas, ocorrem instantaneamente, com duração de microssegundos - um exemplo é a queima do gás de cozinha. As reações de velocidade moderada levam desde minutos a horas a ocorrer. Um exemplo é a queima do

papel provocada por um fósforo aceso ou a reação de sódio metálico com água. A decomposição de uma árvore caída ou a corrosão de um prego, são consideradas reações lentas. Há reações que podem durar séculos, porque os reagentes se combinam lentamente – por exemplo, as transformações que originaram o petróleo bruto no subsolo. As reações de decaimento radioativo, consoante o elemento em causa, podem ser extremamente rápidas ou bastante lentas.

A mesma reação pode ter a sua velocidade alterada, ser rápida ou lenta, consoante as circunstâncias, ou dito de outra forma, das condições reacionais. Por exemplo, a reação de combustão de uma folha de papel (ou seja, a sua reação com o oxigénio do ar) é muito rápida se aproximarmos um fósforo (houver uma fonte de ignição), mas a mesma reação demorará anos se o papel permanecer à temperatura ambiente. O leite e outros alimentos degradam-se rapidamente à temperatura ambiente, mas se forem guardados no frigorífico, a temperaturas mais baixas, mantêm-se mais tempo inalterados.

Por vezes interessa-nos atuar sobre os sistemas reacionais, alterando a sua velocidade.

Reações como a fermentação do leite, a deterioração dos elementos e a corrosão dos metais convêm ser retardadas. Outras interessa-nos que sejam aceleradas, como a fermentação do vinho para produção de vinagre. Na indústria é imprescindível, ou pelo menos conveniente por razões económicas, que determinadas reações resultem no produto no menor tempo possível, ainda mais se a reação tiver baixo rendimento.

Assim, o nosso dia-a-dia está repleto de reações químicas, nas quais pretendemos interferir na velocidade com que decorrem, para melhoria da nossa qualidade de vida.

A reação entre dois reagentes é devida ao choque entre as partículas – átomos, moléculas ou iões – que estão em movimento permanente. Esta interpretação é designada **Teoria das Colisões** e permite antever os fatores que determinam a velocidade das reações químicas, ou seja em que fatores se pode atuar de forma adequada. Para que duas moléculas reajam é condição necessária que colidam, mas não é condição suficiente - têm de colidir com um mínimo de energia. Ou seja, nem todas as colisões são eficazes.

A velocidade das reações depende dos seguintes fatores:

- **temperatura**
- **concentração dos reagentes**
- **estado de divisão dos reagentes sólidos**
- **presença de catalisadores/inibidores**

Temperatura

Quando ocorre um incêndio numa floresta, que é um meio onde a perda de calor é pequena, a reação liberta energia na forma de calor para o meio. Assim, a temperatura do ambiente aumenta e isso faz com que a reação de combustão ocorra ainda mais rapidamente (figura 2)



Figura 2 - O aumento da temperatura aumenta ainda mais a velocidade dos incêndios florestais

A panela de pressão (figura 3) também é usada com essa finalidade, pois o aumento da pressão aumenta a temperatura a que o líquido entra em ebulição e, conseqüentemente, mais rápida é a cozedura do alimento.



Figura 3 - A panela de pressão é um exemplo da influência da temperatura sobre a velocidade da reação

Na nossa vida do dia-a-dia também podemos observar o efeito da temperatura na velocidade com que ocorrem processos químicos. Nos dias quentes, os alimentos alteram-se e deterioram-se mais depressa que nos dias frios; uma peça de carne assa tanto mais depressa, quanto mais quente estiver o forno; a massa do pão leveda mais rapidamente em ambientes quentes.

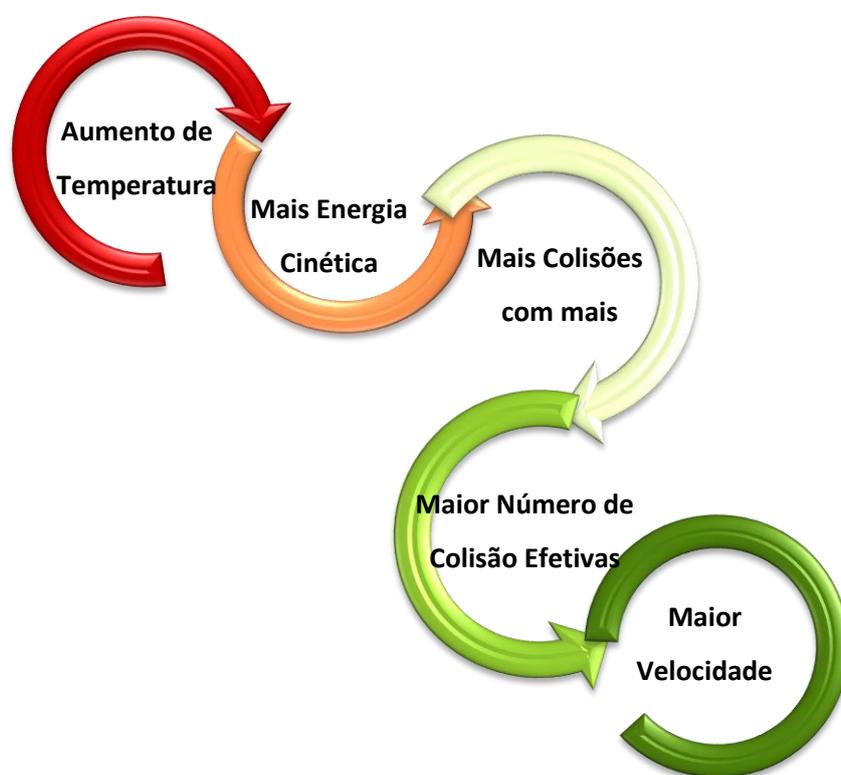
Quando uma mesma reação ocorre a temperatura mais elevadas, verifica-se que se formam mais rapidamente um ou mais produtos. Inversamente, quando se baixa a temperatura dos reagentes a reação torna-se mais lenta. Atenção que esta relação é válida para a maioria das reações químicas e assim será para as que iremos abordar.

Maior temperatura ↔ Maior velocidade

Menor temperatura ↔ Menor velocidade

Quanto mais elevada for a temperatura maior é a velocidade da reação.

O modo com a temperatura atua na velocidade de uma reação esta resumida no Esquema 1.



Esquema 1 - Teoria das colisões – o efeito da temperatura na velocidade de uma reação química

Concentração dos reagentes

Consideremos alguns factos do nosso quotidiano: a combustão do carvão é mais rápida na presença de oxigénio que ao ar; a lixívia diluída com muita água demora muito tempo a remover uma mancha

de cor; um café “muito forte” (muito concentrado) produz um efeito mais prolongado do que um “carioca”.

O ar é constituído por aproximadamente 21% de oxigénio. Assim, quando queimamos madeira para fazer uma fogueira, há também moléculas de outros gases colidindo e influenciando a velocidade da reação. Agora, se colocássemos essa madeira em brasas dentro de um frasco com gás oxigénio puro, a reação processar-se-ia muito mais rapidamente, (figura 4).



Figura 4 – Madeira em brasas dentro de um frasco com oxigénio puro - a reação aumenta a sua velocidade.

Portanto, com o aumento da concentração de um dos reagentes (oxigénio), a reação ocorreu mais depressa, porque houve o aumento do número de partículas reagentes, aumentando também a quantidade de choques entre elas e a probabilidade de ocorrerem colisões eficazes que resultem na ocorrência da reação.

Nas reações químicas, em que pelo menos um dos reagentes está em solução, verifica-se, em geral, que:

- A velocidade aumenta quando se usam soluções mais concentradas.
- A velocidade diminui quando se usam soluções mais diluídas (menos concentradas).

Maior concentração \leftrightarrow Maior velocidade

Menor concentração \leftrightarrow Menor velocidade

Quanto maior for a concentração dos reagentes maior é a velocidade das reações.

O modo com que a concentração atua na velocidade de uma reação está resumida no Esquema 2.



Esquema 2 – Teoria das colisões – o efeito da concentração na velocidade de uma reação química

Estado de divisão dos reagentes sólidos

Todos sabemos que as batatas cozem mais depressa quando cortadas aos bocados do que cozidas inteiras; a carne altera-se mais rapidamente se for picada previamente; a lenha cortada arde mais depressa do que um tronco inteiro. No fogo-de-artifício usa-se magnésio em pó para produzir inúmeros flashes brancos, devido à combustão rápida deste metal. Também se mastiga a comida para tornar mais fácil a digestão.

Nas reações químicas em que pelo menos um dos reagentes está no estado sólido, verifica-se que a velocidade aumenta quando se usa o sólido em pedaços mais pequenos, ou seja, muito dividido.

Maior estado de divisão \leftrightarrow Maior velocidade

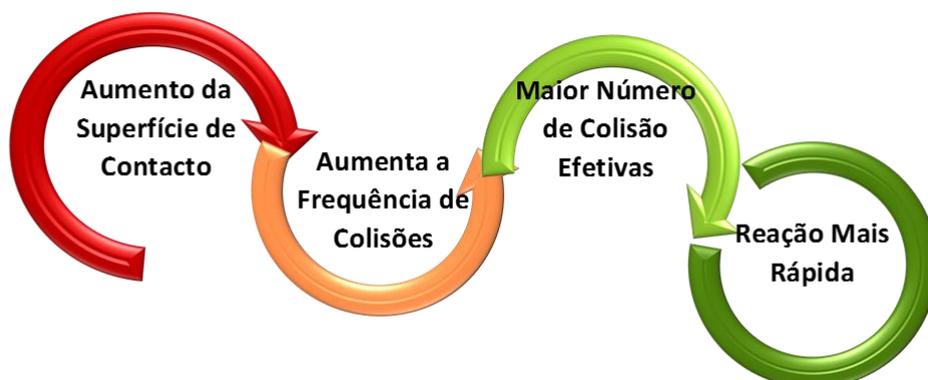
Menor estado de divisão \leftrightarrow Menor velocidade

Como se explica este facto?

Para que uma reação ocorra é necessário que os reagentes contactem. Assim, e como está expresso no esquema 3:

- Quanto mais dividido estiver o reagente sólido, maior é a superfície de contacto entre os reagentes, o que favorece a ocorrência da reação.
- Quanto menos dividido estiver o reagente sólido menor é a superfície de contacto entre os reagentes, o que dificulta a ocorrência da reação.

Quanto maior for o estado de divisão dos reagentes sólidos mais rápida é a reação



Esquema 3 – Teoria das colisões – o efeito do estado de divisão dos reagentes sólidos na velocidade de uma reação química

Catalisadores

Há reações que são mais rápidas quando os reagentes estão misturados ou em contacto com certas substâncias que, no entanto, não se consomem durante a reação. Estas substâncias designam-se catalisadores. No final da reação, embora tendo participado nela (tornando-a mais rápida), os catalisadores são regenerados e continuam presentes, prontos por participar noutra reação.

Há substâncias, no nosso organismo que funcionam como catalisadores, isto é, aumentam a velocidade das reações a nível biológico. Neste contexto os catalisadores designam-se por enzimas. Os enzimas são proteínas naturais produzidas pelas células vivas, que atuam como catalisadores biológicos e que regulam reações bioquímicas específicas nos organismos vivos.

Há muitos tipos de catalisadores: desde os homogêneos (que estão na mesma fase dos reagentes – e que serão os exemplificados na nossa experiência), aos heterogêneos (que tanto podem ser metais, de que são exemplo o níquel e a platina) como substâncias orgânicas, (os enzimas).

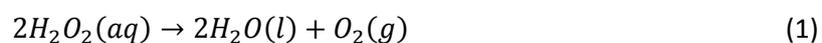
Por exemplo, um chupa-chupa deixado exposto no ar irá demorar muito tempo para reagir, mas quando colocado na boca, rapidamente é consumido. Isso acontece porque existem enzimas no nosso organismo que atuam como catalisadoras, agindo sobre o açúcar e criando estruturas que reagem mais facilmente com o oxigênio, (figura 5).



Figura 5 – O açúcar do chupa-chupa é consumido rapidamente devido à ação de enzimas que agem como catalisadores.

São exemplos de processos enzimáticos o mecanismo de fermentação do vinho para produção de vinagre, a fermentação do leite para obtenção do queijo, a fermentação da massa na fabricação do pão, a fermentação do malte para produzir cerveja, etc.

A água oxigenada (solução aquosa de peróxido de hidrogénio — H_2O_2), por exemplo, sofre uma decomposição lenta em condições ambientes, formando oxigénio e água, conforme a equação química a seguir, (equação 1):



Esta reação é espontânea e, como referido, é lenta à temperatura ambiente. A este facto se deve a circunstância da água oxigenada que se compra na farmácia ter prazo de validade. Passado esse tempo a solução dentro do frasco é só água!!!

Esta reação é acelerada quando a água oxigenada é colocada sobre uma ferida (figura 6). Isso pode ser detetado pelas bolhas que se formam pela formação intensa de oxigénio. O que aumentou a velocidade dessa reação? Um catalisador biológico, também chamado de biocatalisador, que é uma enzima presente no sangue, denominada catalase.



Figura 6 – Decomposição da água oxigenada numa ferida, com libertação de oxigénio, catalisada por uma enzima

O recurso a catalisadores é muito comum em processos industriais. O seu uso é imprescindível para tornar economicamente viável, reações que demoram muito ou que geram poucos produtos, por unidade de tempo.

O modo de atuar de um catalisador é um assunto que transcende o âmbito deste trabalho. No entanto aqui vai “um cheirinho de explicação” para os mais curiosos. *Os catalisadores conseguem acelerar a reação química porque diminuem a energia de ativação, isto é, a energia mínima necessária para que as moléculas colidam de modo eficaz, produzindo os produtos. A energia de ativação pode ser visualizada como uma barreira de energia que os reagentes têm de ultrapassar para darem produtos (tal como a bola tem de transpor a rede num jogo de voleibol). Quanto maior a energia de ativação, mais lenta será a reação. O catalisador, altera o mecanismo da reação, permite que esta ocorra com uma menor energia de ativação, aumentando a sua velocidade.*

A procura de catalisadores adequados às diferentes reações químicas é uma das grandes linhas de intervenção dos químicos de hoje, dada a sua importância no aumento da rentabilidade dessas mesmas reações. Há reações que, não sendo catalisadas, são tão lentas que as podemos considerar inexistentes.

Tal como usamos os catalisadores para acelerar determinadas reações químicas que nos interessa rentabilizar, também utilizamos outras substâncias com o objetivo contrário – o de retardar reações químicas cuja ocorrência não nos é benéfica. Chamam-se a essas substâncias **inibidores** e são de extrema importância na conservação de produtos alimentares como óleos, borrachas, gorduras, lubrificantes. Entre os inibidores estão os conservantes que, como o nome indica, têm por função retardar a velocidade de decomposição dos alimentos, sendo, por isso mesmo, muito utilizados na indústria alimentar, nomeadamente a conserveira.

As experiências que a seguir se descrevem vão ser efetuadas no laboratório e pretendem ilustrar os factos atrás explicados. Vamos fazer reações com reagentes químicos e ver a sua velocidade afetada pela temperatura, concentração, estado de divisão dos reagentes sólidos e o uso de catalisadores.

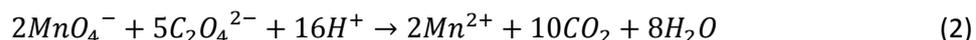
Experiências laboratoriais

Influência da temperatura

Quando se faz reagir permanganato de potássio - $KMnO_4$ - com uma solução aquosa de oxalato de sódio - $Na_2C_2O_4$ -, em meio ácido, dá-se uma reação química denominada de oxidação redução.

Os detalhes desta reação também transcendem o vosso grau de conhecimentos, de tal modo que foi escolhida uma reação em que reagentes e produtos têm cores diferentes. É pois fácil seguir visualmente a evolução da reação.

Em solução aquosa, o permanganato de potássio está “separado” nos respectivos iões: anião permanganato - MnO_4^- - e catião potássio - K^+ -. De igual modo a solução aquosa de oxalato de sódio - $Na_2C_2O_4$ -, está “dividida” nos respetivos iões: anião oxalato - $C_2O_4^{2-}$ - e catião sódio - Na^+ -. As espécies químicas que vão reagir são MnO_4^- (solução roxa) e $C_2O_4^{2-}$ (solução incolor) para dar o ião manganês, Mn^{2+} , (solução aquosa incolor), de acordo com a equação 2. As restantes espécies presentes não interferem na reação, sendo por isso denominadas iões espectadores.



Na bureta é colocada a solução roxa de permanganato, que é adicionada, gota a gota, à solução de oxalato que se encontra no Erlenmeyer. Se houver reação química cada gota de solução de $MnO_4^-(aq)$ perde a cor roxa quando entra em contacto com a solução que está no Erlenmeyer. O $MnO_4^-(aq)$, roxo, deu origem a $Mn^{2+}(aq)$, incolor.

Vamos realizar esta experiência à temperatura ambiente (figura 7) e a 50°C, (figura 8).

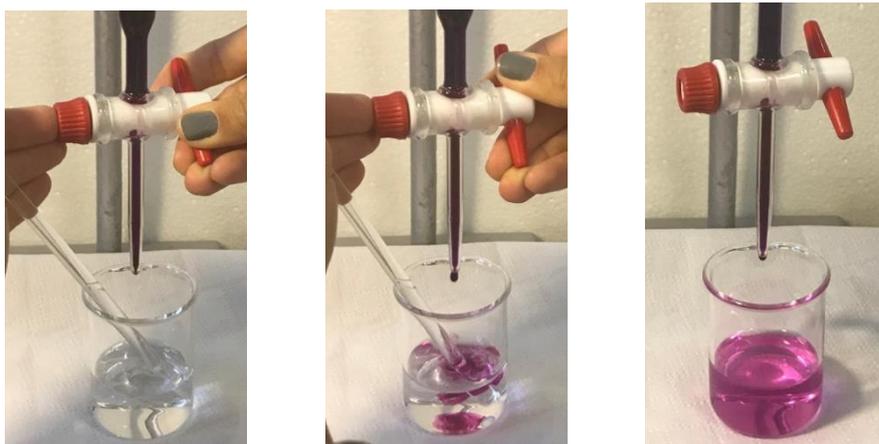


Figura 7 – Reação de MnO_4^- e $C_2O_4^{2-}$ à temperatura ambiente

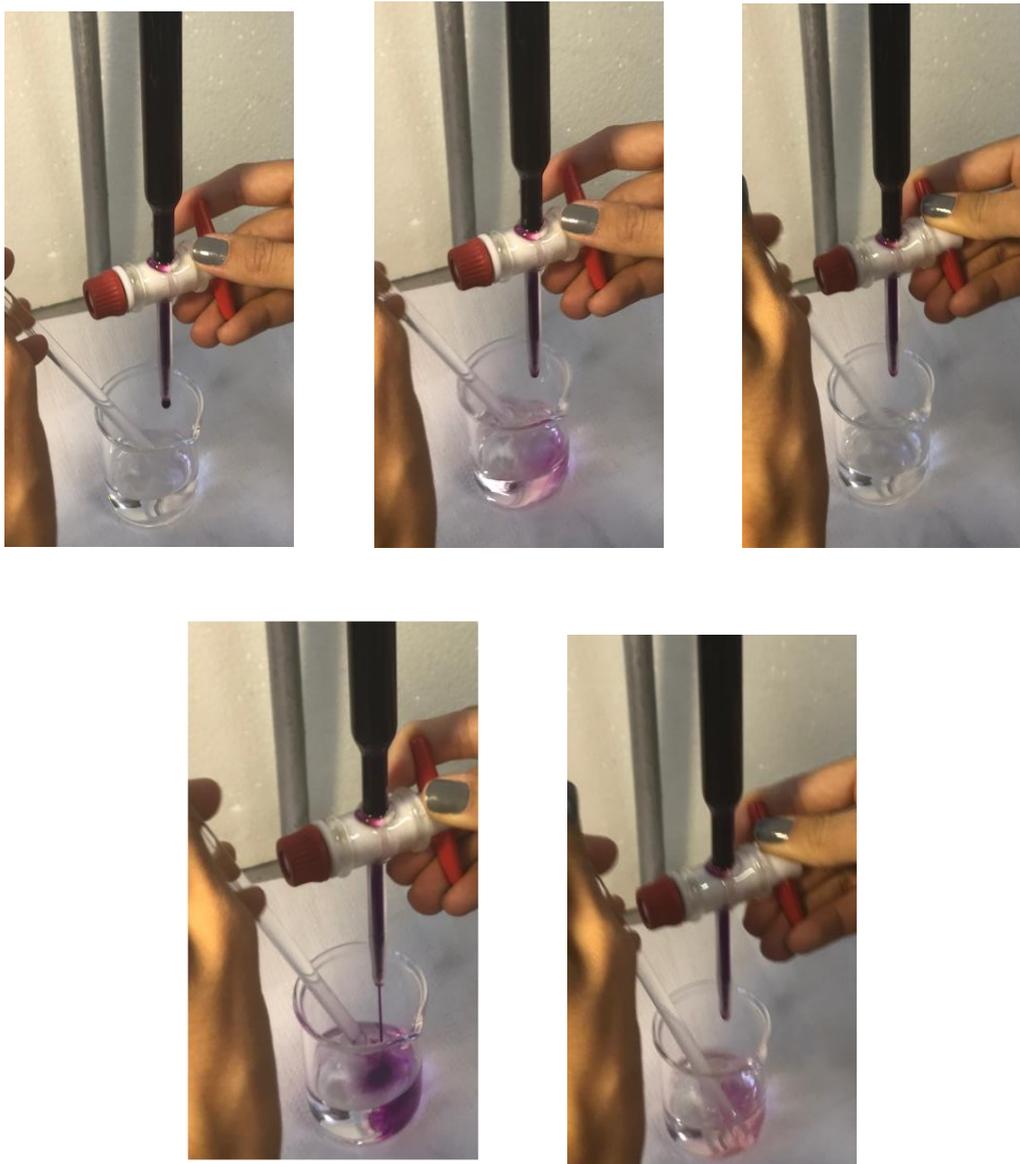


Figura 8 – Reação de MnO_4^- e $C_2O_4^{2-}$ a $50^\circ C$

A reação a $50^\circ C$ ocorre mais rapidamente (o desaparecimento da cor roxa é instantâneo) enquanto a reação à temperatura ambiente é mais lenta. A cor roxa permanece. A liberação de CO_2 gasoso não é perceptível.

Conclusão: Quanto mais elevada for a temperatura maior é a velocidade da reação.

Influência da concentração

Nesta experiência, vamos perceber a importância e o papel que a concentração dos reagentes assume na velocidade das reações.

Quando se mistura água com óleo é possível distinguir duas fases (diz-se, assim, que os líquidos são imiscíveis, ou seja, não se misturam) e, por isso designa-se a mistura como heterogénea. A figura 9 ilustra o fenómeno anteriormente descrito.

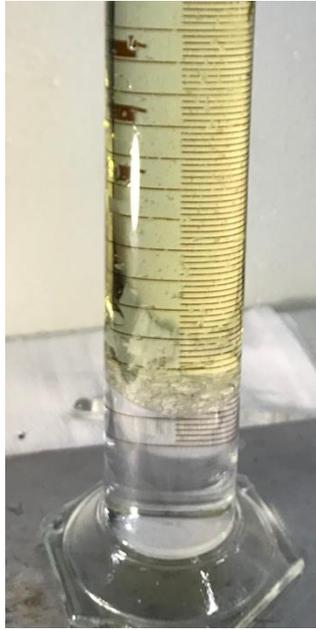


Figura 9 – Mistura heterogénea de água e óleo.

A imiscibilidade dos dois líquidos justifica-se com a diferença da constituição intrínseca de cada uma das moléculas que os constituem e das interações químicas em jogo, em cada uma das soluções. A densidade vai determinar a posição relativa dos dois líquidos. Líquidos menos densos migram para o topo da mistura e os mais densos permanecem em baixo. Observando a figura 9, pode concluir-se que o óleo é menos denso que a água.

Vamos focar-nos na experiência em si.

Inicialmente, adicionamos água, óleo e algumas gotas de corante alimentar (ver Figura 10). Este último, reforça o efeito visual que se pretende mostrar, tornando, simultaneamente, a experiência mais divertida!!!

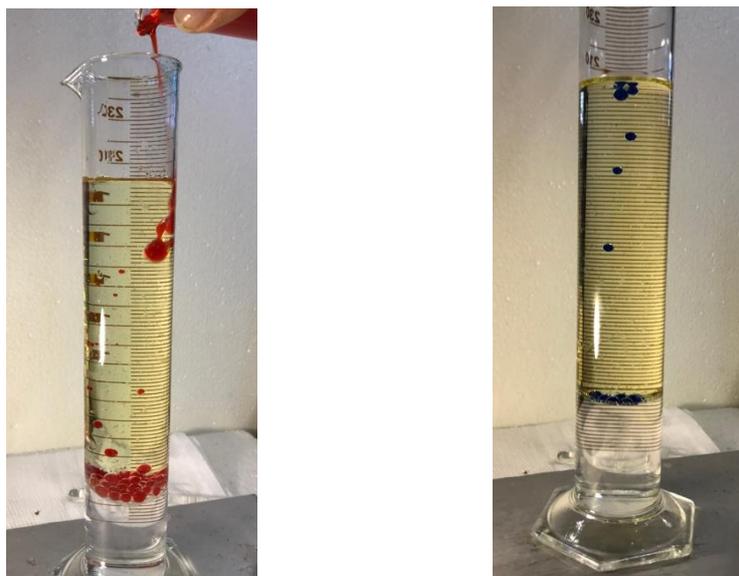


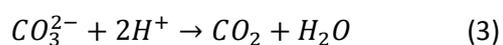
Figura 10 – Mistura heterogênea de água, corante alimentar e óleo.

De seguida, ao adicionar uma pastilha efervescente, a vossa conhecida *Alka-Seltzer* (que entre outros componentes, tem como substância ativa bicarbonato de sódio), observa-se uma reação imediata. Subitamente, formam-se bolhas coloridas que percorrem toda a mistura, de forma ascendente, parecendo um “candeiro de lava”. Essas bolhas coloridas são de dióxido de carbono, figura 11:



Figura 11 – Formação de bolhas de CO_2 com diferentes cores de corante alimentar.

A reação química que ocorre (enquanto a pastilha é consumida), é responsável pela libertação de CO_2 e a respetiva equação química é a equação 3:



De notar, que a reação se dá em meio ácido (por isso, a presença a espécie H^+ na equação). A pastilhas de *Alka-Seltzer* tem na sua composição ácido cítrico e ácido acetilsalicílico.

E ao adicionar mais pastilha, o que acontecerá? Por outras palavras, qual o efeito de aumentar a concentração de um dos reagentes?

Verifica-se um incremento na produção de bolhas que se começam a movimentar mais rapidamente e de forma mais “frenética” (figura 12). Esta evidência advém do aumento do número de colisões entre as partículas das espécies que reagem, o que faz aumentar a taxa de desenvolvimento da reação, o que neste caso se traduz numa maior produção de CO_2 . Mais uma vez, a par das outras experiências o desfecho visual é suficiente para evidenciar o efeito pretendido – quanto maior for a concentração de reagente adicionado maior será a velocidade da reação.

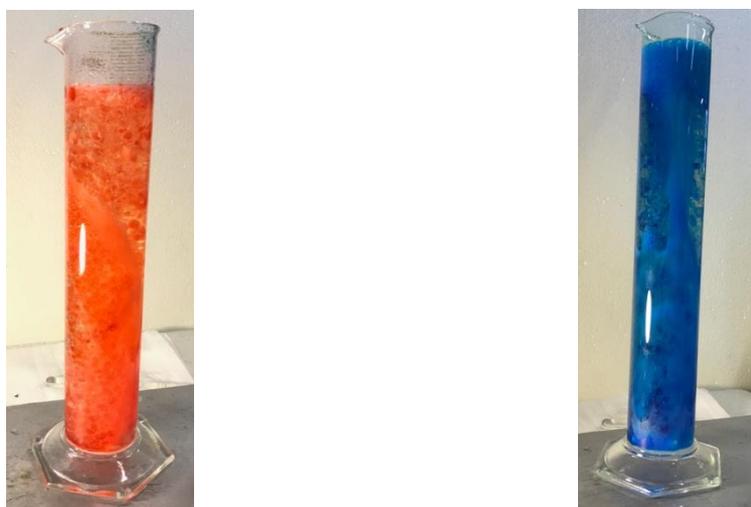


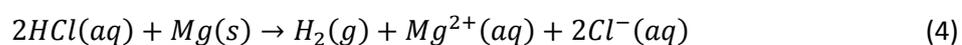
Figura 12 – Formação de bolhas de CO_2 com aumento da concentração de Alka-Seltzer.

Neste caso particular e como já mencionado, esta ocorrência é macroscópica e, portanto, facilmente observável – o que nem sempre acontece, uma vez que muitas reações se dão sem alterações evidentes e/ou perceptíveis à vista desarmada.

Influência de estado de divisão dos reagentes

Vamos testar a influência do estado de divisão dos reagentes na velocidade da reação com uma reação química entre um metal (neste caso magnésio, Mg) e ácido clorídrico (HCl).

Usando uma solução aquosa de HCl , vamos efetuar a reação referida e que se traduz na seguinte equação química, (equação 4):



Esta é igualmente uma reação de oxidação redução. Os detalhes desta reação também transcendem o vosso grau de conhecimentos. Importa “olhar” para o que acontece. É bem visível a libertação de H_2 gasoso em forma de bolhas e a dissolução do Mg , correspondente à formação do ião Mg^{2+} , solúvel em água. A reação vai realizar-se em 2 condições experimentais diferentes: i) uso de fita de Mg e ii) uso de Mg em pó.

As condições reacionais de ii), por fazerem uso de um reagente com um maior grau de divisão, ou seja, uma maior área superficial de Mg , traduzir-se-ão numa reação mais rápida. Este diagnóstico é facilmente visível pela maior e mais violenta libertação de hidrogénio gasoso e pelo desaparecimento (dissolução) mais rápida do magnésio.

A figura 13 mostra a diferença entre o estado de divisão do magnésio. As duas reações estão documentadas na figura 14.



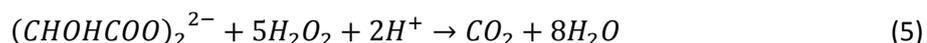
Figura 13– Magnésio em fita (à esquerda) e magnésio em pó (à direita).



Figura 14 – Libertação de H_2 gasoso mais violenta, devido à reação entre HCl e Mg em pó (à direita) e reação com magnésio em fita, muito menos violenta (à esquerda).

Influência do uso de catalisadores

O uso de catalisadores para aumentar a velocidade de uma reação é exemplificado pela reação entre o ião tartarato, $(CHOHCOO)_2^{2-}$, (ver figura 15) proveniente da dissolução de tartarato de sódio e potássio (*sal de Rochelle*) e peróxido de hidrogénio, H_2O_2 . Cloreto de cobalto (II) é usado como catalisador. O catalisador intervém na reação, mas não é consumido, não entrando por isso na equação global da reação (equação 5).



A reação química é, mais uma vez, complexa e tal como as anteriores, também transcende o espaço educativo desta experiência. Esta circunstância é irrelevante para a demonstração do efeito em causa, (neste exemplo, tal como nos anteriores) já que a evolução da reação é bem patente, por mudança de cor e/ou libertação gasosa. Estes factos permitem tirar conclusões acerca da velocidade das reações, que é o objetivo deste conjunto de experiências.

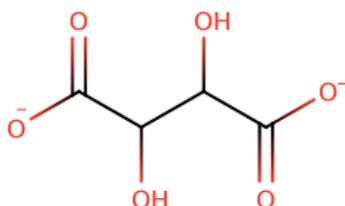


Figura 15 – Estrutura química do ião tartarato

Num tubo de ensaio colocam-se 5 mL de uma solução aquosa de tartarato de sódio e potássio de fórmula $NaKC(CHOHCOO)_2 \cdot 2H_2O$, à qual se adiciona a mesma quantidade de H_2O_2 . Aquecer um pouco.

Não se observando libertação gasosa de dióxido de carbono, CO_2 (figura 16), conclui-se que não há reação química entre $(CHOHCOO)_2^{2-}$ e H_2O_2 ou que a reação se está a dar a uma velocidade muito lenta e portanto não observável.

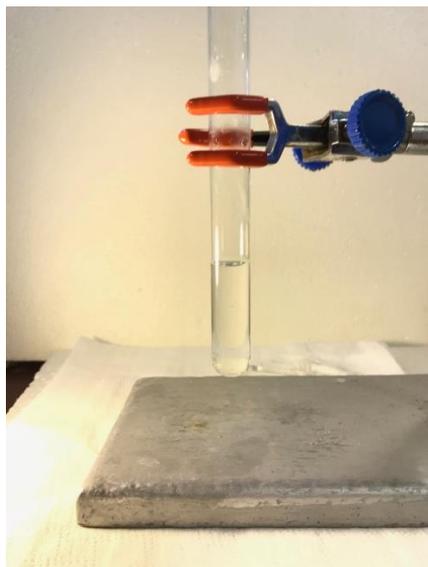


Figura 16 – Adição de H_2O_2 sobre uma solução aquosa de tartarato de sódio e potássio

A adição de $CoCl_2(aq)$, torna a solução rosa. De seguida observa-se uma mudança de cor na solução – passa a verde devido à formação de um composto entre o ião $(CHOHCOO)_2^{2-}$ e o ião $Co(II)$. Daqui resulta a possibilidade de H_2O_2 atacar os iões tartarato, provocando a sua decomposição em CO_2 e H_2O , como observado na figura 17. Esta reação envolve grande libertação de energia (designa-se exotérmica) chegando a temperatura a atingir $90^\circ C$.

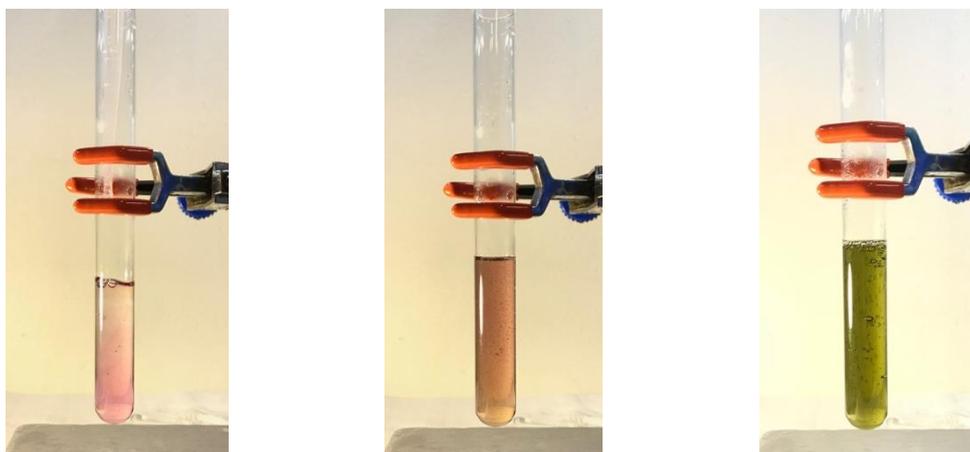


Figura 17 – Reação de catálise, evidenciada pela cor verde da solução e libertação gasosa de CO_2 .

No final da reação a mistura adquire de novo a cor rosa, característica de soluções aquosas de $Co(II)$, o que atesta a regeneração do catalisador (figura 18)

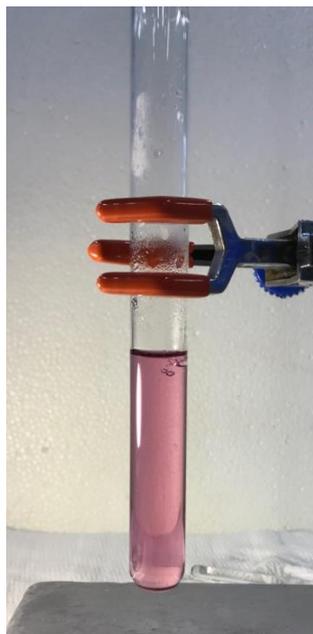


Figura 18 – Solução aquosa rosa de $Co(II)$

Os íons $Co(II)$ funcionam como catalisadores, facultando um novo mecanismo para a reação, diminuindo a respectiva energia de ativação, aumentando por isso a sua velocidade e não se consumindo.

Experiências para os Kids

Para os visitantes mais jovens, do 1º ciclo do ensino básico, foram desenhadas experiências usando uma linguagem mais acessível, que se encontram reunidas nesta secção.

Os jovens cientistas puderam fazer experiências que mais parecem magia, perceberam como funcionam as pilhas ou como as fraldas mantêm os bebés limpinhos. Também puderam explorar os mistérios do frio e pregar pregos com martelos feitos de papel, comer um gelado delicioso feito com azoto líquido e brincar aos chefes de cozinha.

Engenheiro químico por um dia: Limpinhos & Lavadinhos

Fátima Rosa, Licínio Ferreira

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

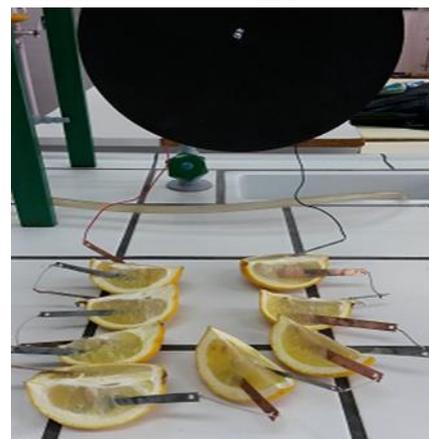
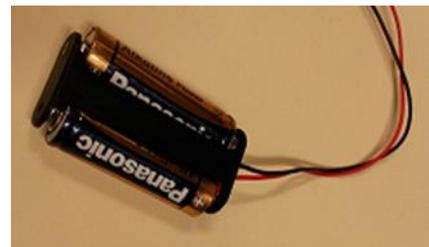
As pilhas que conhecem e que se utilizam nos brinquedos, nas lanternas, nos relógios e noutros aparelhos têm este aspecto.

Parece magia, mas podemos construir pilhas com um aspecto muito diferente: com limão, batata ou até água com sal!

Pilha de Limão

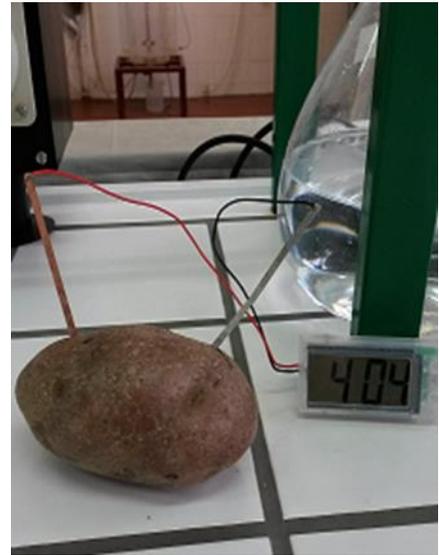
Corta-se um limão em 4 partes, espeta-se uma barra de zinco e outra de cobre no limão e ligam-se com fios eléctricos como se vê na figura.

Com esta pilha conseguimos fazer tocar uma campainha, acender um led (lâmpada pequena), fazer andar um barquinho de brincar, etc



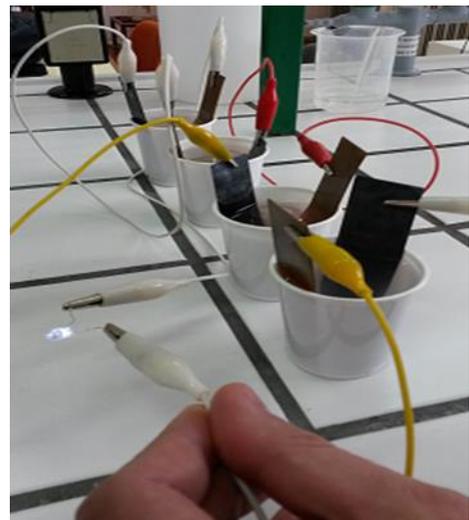
Pilha de batata

Neste caso fizemos dois cortes na batata com uma faca e num deles introduzimos uma barra de cobre e no outro uma de magnésio em vez de zinco. Ligamos com fio eléctrico e conseguimos assim energia suficiente para fazer trabalhar o relógio.



Pilha de água e sal

Neste caso misturamos água com sal das cozinhas num pequeno copo e podemos utilizar barras de zinco e cobre. Caso não tenhamos estes materiais podemos usar parafusos ou pregos de zinco e moedas de cobre como se pode ver nos esquemas ao lado.



Polímeros superabsorventes

O produto com este aspecto de um pó branco



é utilizado por exemplo nas fraldas para bebé.



Chama-se polímero superabsorvente e como o próprio nome indica, é muito forte (é super...) a absorver os líquidos como é o caso do xixi dos bebés, que assim passam para o interior da fralda e já não incomodam a pele.

Parece magia mas é ciência

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

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

^bCQFM/IN e IBB, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

A **química** é uma ciência que estuda a matéria e suas transformações. A **matéria** é tudo o que tem massa e ocupa espaço e pode ser líquida, sólida ou gasosa.

Tudo à nossa volta que podemos ver e pegar é matéria, como um ser vivo, um objecto, ou um alimento. Toda a matéria é **formada por partículas muito pequenas que se chamam átomos**.

O que faz um químico? Retira os materiais que existem na natureza para serem utilizados pelo homem em medicamentos, produtos de limpeza, perfumes, por exemplo. O químico também pode transformar estes produtos da natureza noutros diferentes que não existem na natureza e isso é muito importante pois podemos ter por exemplo novos medicamentos. Como é que isso se faz? Através de uma transformação química ou reacção. Os materiais iniciais, chamados de reagentes são transformados noutros materiais diferentes, os produtos. O que vão ver hoje é um a demonstração de algumas destas reacções em que se formam materiais coloridos, luminosos que parece magia mas é ciência.

Avatar

Porque é que as vossas calças de ganga são azuis?

As calças de ganga são de algodão ou seja brancas. Na fábrica elas são tingidas com um material ou substância que lhe dá a cor azul e que se chama índigo.



Indigofera



calças de ganga



indigo

Esta substância pode ser retirada de uma planta ou pode ser feita num laboratório através de uma reacção que vamos fazer hoje.

Material:

- 1 proveta de 10 mL
- 1 proveta de 20 mL
- 1 erlenmeyer de 50 mL
- 1 barra de agitação magnética
- 1 placa de agitação magnética
- 1 kitasato
- 1 funil de Buchner
- 1 papel de filtro

Procedimento:

- 1 – Medir numa proveta de a acetona (10 mL).
- 2 - Deitar no erlenmeyer que contém o 2-nitrobenzaldeído (0,5 g) e a barra de agitação magnética.
- 3 – Ligar a agitação magnética.
- 4 - Medir numa proveta de a água (17 mL).
- 5 – Deitar gota a gota uma solução de hidróxido de sódio 2M (2,5 mL).
- 6 – Observar a formação de um sólido azul-escuro.
- 7 - Filtrar a vácuo.



Referências

- 1 – D. Simão *et al.*, “100 experiências de química orgânica”, 2011, ISTPress, exp 50.

Pasta de dentes de elefante

Nesta experiência vão assistir a uma reacção química que vai produzir muita espuma que parece pasta de dentes que dava para lavar os dentes de um elefante!

Material:

- 1 proveta de 1 L
- 2 provetas de 50 mL
- 1 pipeta de plástico de 3 mL



Procedimento:

- 1 – Medir 50 mL de água oxigenada.
- 2 - Deitar num erlenmeyer de 1L (boca estreita)
- 3 – Deitar 3 gotas de corante alimentar e purpurinas.
- 4 – Deitar 40 mL de detergente líquido e agitar para misturar.
- 5 – Deitar uma solução saturada de iodeto de potássio.
- 6 – Observar a formação de uma espuma que sai da proveta.

Referências

- 1 – <https://pt.wikihow.com/Fazer-a-Experi%C3%Aancia-da-Pasta-de-Dente-de-Elefante>



Pirilampo mágico

Já todos ouviram falar de pulseiras e colares luminosos que se usam nas festas. São uns tubos de plástico que se dobram e agitam e que ficam luminosos durante várias horas. Quando dobramos o tubo estamos a fazer uma reacção! Os materiais de partida (reagentes) estão separados dentro do tubo. Quando dobramos o tubo, a separação parte-se, os reagentes encontram-se e dá-se a reacção. Só que neste caso além dos produtos também há a produção de luz que varia consoante os reagentes que se utilizam.



Além de serem utilizados para brincar, estes pequenos tubos luminosos podem ser utilizados no campismo (para iluminar), na pesca (para atrair os peixes) e como sinal luminoso muito útil para quem se perde.

Material:

- 1 tubo de ensaio com tampa
- 1 proveta de 10 mL
- 1 pipeta de 3 mL

Procedimento:

- 1 – Adicionar ao tubo de ensaio com os reagentes, acetato de etilo (10 mL)
- 2 – Tapar o tubo e agitar.
- 3 – Adicionar água oxigenada (3 mL)
- 4 – Agitar e observar a emissão de luz.



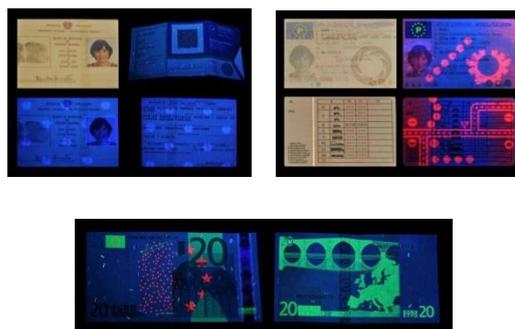
Brilha no escuro

Existem alguns materiais que brilham no escuro e dizemos que são fluorescentes.

Vamos ver alguns deles debaixo de uma lâmpada ultra violeta.

A água tônica tem uma substância fluorescente que se chama quinino.

Nas notas, cartas de condução e outros documentos importantes são colocados produtos fluorescentes para serem difíceis de falsificar.



Referências

- 1 – <http://www.glow.pt/> (consultado em 18 de Jan 2015)
- 2 - R. Albertin et al, *Química Nova*, 21, **1998**, 772.
- 3 - F. McCapra, *Methods Enzymol.*, **2000**, 305, 633 – 659.
- 4 – <http://www.youtube.com/watch?v=tItOOpyJP5k> (consultado em 18 Jan 2015)
- 5 - D. Simão, “100 experiências de química orgânica”, **2011**, ISTPress, Exp.48, pág. 199.

O quadro mágico

Rita Pires e Vasco Bonifácio

CQFM/IN e IBB, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Este quadro mágico é feito de um material que brilha no escuro durante muito tempo depois de ter estado à luz.



Material:

- placa fosforescente (por exemplo uma placa de sinalização de saída de emergência)
- ponteiro laser de cor azul (ou telemóvel)

Esta actividade 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?



Referências

1. Mário N. Berberan e Santos, Raios Químicos e Química Radiosa, *Química* **2015**, 139, 53-60.

Experiências com o frio: tão maravilhosas como perigosas

Maria Fernanda N.N. Carvalho, José Armando Luísa da Silva

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



A água corre da torneira para a garrafa, mas quando colocamos a garrafa com água no frigorífico algo acontece. No congelador, a água passa do estado líquido ao estado sólido e forma gelo, por causa do frio.



Se em vez de colocarmos uma garrafa de plástico com água no congelador, lá a pusermos sem água, a garrafa encolhe; só volta à forma original quando sair do frigorífico e ficar à temperatura ambiente. Dentro do congelador, está **muito frio**, o ar dentro da garrafa contrai e ocupa menos volume, por isso a garrafa encolhe.



Dentro do nitrogénio líquido está ainda mais frio que dentro do congelador e por isso, colocando um balão cheio de ar dentro de nitrogénio líquido, ele encolhe e parece que fica vazio. Quando o balão sai de dentro do nitrogénio líquido o ar, que estava no seu interior, volta a aquecer e expande, então o balão recupera a sua forma.

Há coisas que só acontecem com muitooooo... frio!



Já o nitrogénio líquido fora do recipiente próprio volta ao estado gasoso uma vez que esse é o seu estado natural para a temperatura ambiente.



Podemos aproveitar essa mudança de estado para encher balões de brincar.



As mudanças de temperatura afetam as pessoas, e alteram as características dos objetos e substâncias. Por exemplo, uma alface ou um tomate, quando colocados dentro de nitrogénio líquido, que está mesmo muito frio, ficam duros e estaladiços e partem como vidro se forem atirados ao chão. Acontece o mesmo com um tubo de plástico que deixa de ser flexível e parte facilmente.



Outra maravilha é que as bolas de sabão em contacto com o nitrogénio líquido ficam presas no caldeirão mágico.

Não menos mágico é ser capaz de pregar pregos com martelos feitos de papel arrefecido em nitrogénio líquido.



TUDO ISTO É QUÍMICA!

E TUDO ISTO SÓ ACONTECE A MUITO BAIXA TEMPERATURA...

... mas atenção, não se pode brincar com o **nitrogénio líquido** porque em contacto com a pele **queima!** A Química é divertida e podem fazer-se muitas experiências engraçadas, mas cuidado! Deves sempre ver ou perguntar quais os riscos que podem estar associados às experiências e usar as medidas de protecção que sejam convenientes. Pergunta ao professor ou aos pais e depois experimenta e observa o que acontece.

De comer e chorar por mais[§]

Ana Knittel^a, Cristina Gomes de Azevedo^b

^aAluna do Mestrado Integrado em Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

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

O século XXI parece estar a trazer novidades no campo da gastronomia.

De facto, o termo «gastronomia molecular» aparece já com alguma frequência no nosso quotidiano. Embora o seu nome imponha respeito, é apenas a aplicação da ciência a métodos de cozinhar praticados, alguns quase desde o domínio do fogo pelo Homem, em diversas sociedades.

A Gastronomia Molecular é um ramo da ciência dos alimentos. O seu objectivo é estudar do ponto de vista científico o que acontece quando se cozinha e se saboreiam os alimentos.

Distingue-se das ciências alimentares tradicionais pois encara a nutrição como um todo, desde os ingredientes crus, a sua preparação e, finalmente, a sua degustação e a forma como são apreciados pelos clientes. É assim uma área de estudos interdisciplinar que envolve a física, a química, a biologia e a bioquímica, mas também a fisiologia, a psicologia e a sociologia.

Ultimamente a atitude perante a cozinha e a comida foi completamente alterada. Além dos aspectos nutricionais, muito importantes, são cada vez mais associados à alimentação aspectos artísticos. A alimentação deve ser saudável mas também dar prazer. Comer pode ser uma aventura para os sentidos: o cheiro, o aspecto, a textura, o sabor! Deste ponto de vista a contribuição da ciência é fundamental, já que perceber o que está a ocorrer durante a confecção permite otimizar e desenvolver estes aspectos.

A introdução de novas técnicas e novos ingredientes, permite obter pratos “mais bonitos” e saborosos, impossíveis de obter por outros métodos, levando à letra o ditado “comer com os olhos”.

O uso de azoto líquido na culinária é um exemplo “da parceria” entre a ciência e a cozinha da qual resulta arte!

O azoto líquido não pode ser considerado um ingrediente uma vez que não se come – quando o prato é comido todo o azoto já se evaporou (já se transformou em vapor). Deve-se considerar mais um meio,

[§] Texto original publicado no Livro dos Laboratórios Abertos 2015 com o título “Química: de comer e chorar por mais”

uma técnica que permite a obtenção de melhores resultados, processos mais eficientes e mesmo produtos mais saborosos.

O azoto ou nitrogénio N_2 é um gás incolor e inodoro que faz parte da composição do ar que respiramos (cerca de 78% em volume), juntamente com o oxigénio O_2 (cerca de 20%) e outras substâncias gasosas como o dióxido de carbono, vapor de água, poluentes, etc.

O azoto líquido tem de ser transportado em recipientes de parede dupla onde se faz vácuo para melhor isolamento (Dewars, tamanhos vários). Estes recipientes podem ser metálicos ou em vidro de muito boa qualidade e resistente a grandes amplitudes térmicas.



Fig. 4 - Gelados

Os Dewars não podem ser herméticos nem abertos. Se são abertos perde-se azoto por evaporação. Se são fechados pode haver um grande aumento de pressão no interior (o azoto vai-se evaporando lentamente).

Todas as experiências devem ser feitas com cuidado, para evitar excessos, ou manipulação incorrecta, sendo de evitar o contacto com a pele, o qual pode provocar queimaduras graves. Assim devem usar-se luvas protetoras e óculos. A manipulação deve ser feita em local bem arejado, pois a saturação do ar com o azoto gasoso evaporado pode provocar a diminuição de oxigénio disponível.



Fig. 5 - Dewar para transporte e armazenamento de azoto líquido

A técnica de fabrico de gelados utilizando azoto líquido assenta em duas características do produto que funcionam em parceria. São elas:

- A baixa temperatura do azoto líquido.
- Libertação espontânea de vapores de Azoto

Devido ao azoto no estado líquido ter temperaturas muito baixas (-196°C), a sua eficiência para congelar um outro líquido é muito elevada. Desta forma gelar um preparado com azoto líquido é uma tarefa muito rápida, funciona como uma ultra-congelação (congelação rápida de alimentos). Assim, com a ajuda de uma agitação enérgica e da descida rápida da temperatura, os cristais de gelo que se formam vão ser de tamanho muito reduzido (não têm tempo de crescer), logo o gelado vai apresentar uma textura muito cremosa. Os gelados fabricados pelo processo de refrigeração convencional (porque o arrefecimento é lento) apresentam muitas vezes cristais de gelo de dimensões mais elevadas o que se torna desagradável. Como os cristais são de dimensões muito reduzidas os gelados feitos com azoto líquido são mais perfumados, pois as partículas aromáticas têm uma maior facilidade de se difundirem.

Em consequência da agitação enérgica o azoto líquido está incorporado no interior da mistura. Com a subida da temperatura formam-se espontaneamente vapores de azoto que vão contribuir para a formação da espuma e conferir-lhe uma textura mais vaporosa do que a obtida pelo método tradicional (quando só havia ar). Assim, são gelados mais fofos.



Fig. 6 - Adição do azoto líquido à mistura a solidificar



Fig. 7 - Mistura solidificada após adição de azoto líquido

Mas um gelado é um gelado o azoto não faz parte do gelado uma vez que se evapora muito rapidamente; para além de tudo é inodoro (não tem cheiro).

Desta forma podemos resumir as vantagens e desvantagens da utilização de azoto líquido na preparação de gelados da seguinte forma:

Vantagens

1. Rapidez de execução
2. A descida de temperatura é muito rápida, favorecendo a formação de “micro-cristais” de gelo, que fornecem uma textura muito cremosa ao produto final;
3. Ar incorporado por agitação, que confere ao gelado a sua consistência ligeira e suave, diminuindo a sensação de frio intenso na boca.
4. Azoto incorporado por evaporação e agitação, que confere ao gelado a sua consistência fofa e vaporosa

Os gelados são mais perfumados e os aromas são mais intensos, pois as partículas aromáticas são libertadas mais facilmente;

1. A velocidade de arrefecimento conseguido pelo azoto líquido, preserva a estrutura dos produtos que não perdem as suas características de origem
2. Os gelados são mais “frescos” no sentido de que são feitos no momento, não são conservados semanas em arcas, mantendo assim as suas qualidades e propriedades.
3. O azoto evapora-se. Não há efeitos secundários se o azoto utilizado for de origem alimentar.
4. Efeito artístico – pode ser preparado na presença do cliente, com um efeito altamente espectacular devido ao “fumo” que se liberta

Desvantagens:

1. Medidas de segurança adicionais face ao fabrico tradicional.
2. Dificil acessibilidade do azoto líquido.
3. Custo.
4. Restrição a profissionais.

Agora é só darem largas à vossa imaginação e prepararem um gelado com os vossos sabores favoritos! Ainda assim deixamo-vos uma sugestão de comer e chorar por mais: iogurte grego natural, leite condensado, smarties e pepitas de chocolate.

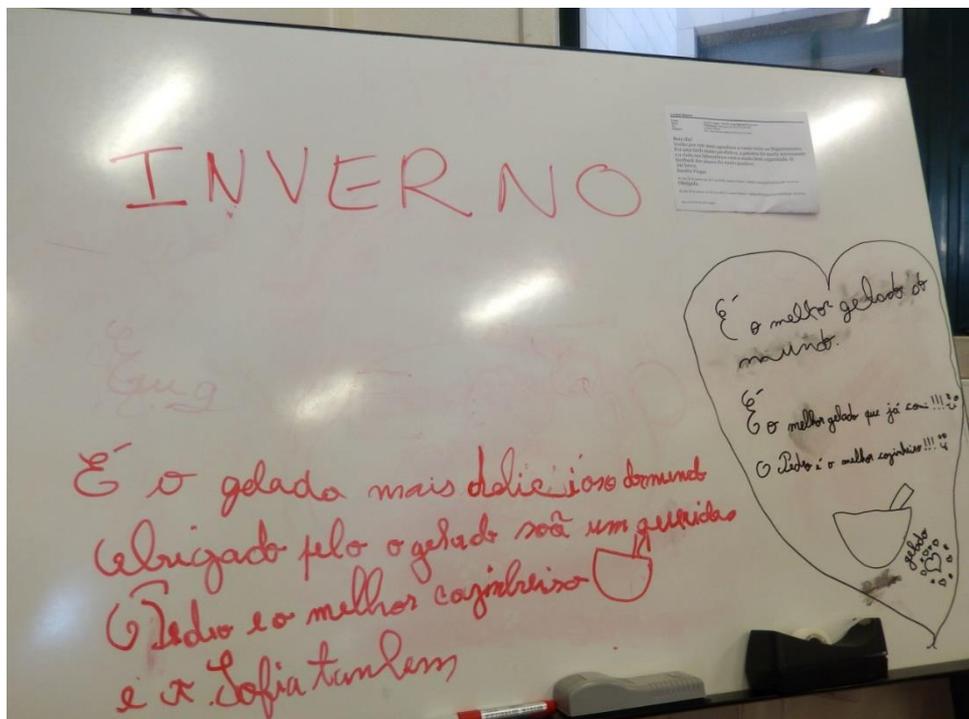


Fig. 8 - Opiniões de alunos do 1º ciclo após a visita aos Laboratórios Abertos Kids 2015

Bomba de ursinho**

Ana Knittel^a, Cristina Gomes de Azevedo^b; Marta Coelho^c

^aAluna do Mestrado Integrado em Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

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

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



Fig. 9 - Ursinhos de gomas

As gomas que frequentemente comemos são na verdade uma mistura de gelatina, açúcar e vários corantes. Nós como químicos gostamos de dar nomes pomposos às substâncias, e como não poderia deixar de ser, açúcar pode ser também chamado de sacarose.

Será que conseguimos transformar um pequeno ursinho numa pequena bomba e formar uma grande coluna de luz? Se conseguirmos, como o fazemos e o que acontece? Bem sabemos que parece impossível, mas basta juntar a goma – fig.1 - a clorato de potássio!

A química é um pouco como a cozinha. Há certos ingredientes que mesmo que se juntem não lhes acontece nada, como a água e o azeite. Mas se juntarmos vinagre a por exemplo bicarbonato de sódio (usado por vezes nos bolos), dá-se uma reação química onde se liberta um gás formando muitas bolhas.

**Texto original publicado no Livro dos laboratórios Abertos 2015, com o título “Bombas de ursinhos”

Mas as reações químicas não acontecem só no laboratório ou na cozinha. O nosso dia está rodeado

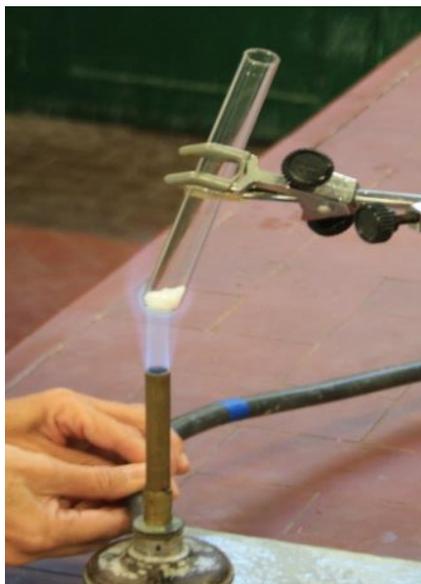


Fig. 10 - Aquecimento do clorato de potássio com um bico de Bunsen.

delas. O ferro, por exemplo, passado algum tempo começa a ficar com “ferrugem”. Nesse caso diz-se que o ferro oxidou. Do mesmo modo, a maçã quando descascada há algum tempo, fica com uma tonalidade mais acastanhada, resultado de uma reação com o oxigênio que respiramos.

Com o clorato de potássio (que se parece com sal refinado) e o açúcar que está na goma também ocorre uma reação química que liberta muito calor e origina uma espectacular chama cor de rosa. Quando queremos comer um ovo, não o comemos cru. Temos de o colocar em água a ferver e passado uns minutos veem que está cozido, ou seja, esse aquecimento provocou alterações no ovo deixando-o com uma consistência diferente. Assim já o podemos comer.

Por vezes situações idênticas acontecem num laboratório de química. Na verdade o se só juntássemos o clorato de potássio com um ursinho podíamos... bem... esperar sentados!

Para que esta experiência resulte temos de transformar um pouco o clorato de potássio. Assim, usamos uma chama forte, até que este pó branco derreta e fique parecido com água. Este aquecimento não serve só para “derreter” o clorato de potássio, serve também para o transformar outro reagente parecido – fig. 2.

Agora já está tudo pronto para juntarmos o ursinho. Quando o açúcar que está nas gomas toca no “clorato de potássio líquido”, ocorre uma reação química que liberta muita energia, ou seja, muito calor! Muitas vezes que há libertação de energia/calor, vemos o aparecimento de uma chama – fig. 3.

Há chamas de muitas cores diferentes. Esta em particular é cor de rosa, sempre cor de rosa, independentemente da cor do ursinho! Isto acontece por “culpa” do potássio. Pois é, não é por acaso que estamos sempre a falar em clorato de potássio. Esta experiência já seria engraçada mesmo que a chama fosse amarela, como o fogo dos isqueiros, mas quando temos um pouco de potássio, este torna as chamas com uma luz rosa!

Um desafio: conseguem pensar noutra aplicação divertida para o potássio? Uma pista... pensem nos dias de festa como o ano novo...



Fig. 11 - Chama cor de rosa resultante da reação

Exato! Fogo de artifício! Na próxima passagem de ano, quando virem foguetes cor de rosa, não se esqueçam que é culpa do potássio!



Fig. 12 - Fogo de artifício cor-de-rosa

Brincando aos chefes de cozinha

Este conjunto de experiências encontra-se descrito na secção anterior “Experiências no Laboratório” com o título:

[Um Químico na Cozinha](#)

Biomateriais: ao infinito e mais além

Este conjunto de experiências encontra-se descrito na secção anterior “Experiências no Laboratório” com o mesmo título.

[Biomateriais: ao infinito e mais além](#)

Exposição: Ciência & Arte

Clementina Teixeira^a, Jacob Christian Poen de Wijs^b (a título póstumo), Jantina Peperkamp^c

^a CQE, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal.

^{b,c} Lucas van Hasselt, Galeria De Twee Pauwen, www.detweepauwen.nl/ Haia, Holanda

^c <http://www.jantina-peperkamp.nl/>, Wamel, Holanda

O crescimento de cristais “On the Rocks”, estimulado por superfícies rugosas, foi iniciado no IST em finais de 1993. Espalhou-se a todo o País com a comercialização de material didático (empresa SITAF), a formação de professores (FOCO) e a divulgação da Química nas Escolas e público em geral (Ciência Viva, 1996-2013¹. Em 1997 a filmagem/fotografia de reações químicas à lupa estereoscópica, Microscopia Química², foi integrada no projeto, o qual já incluía a cristalização em placa de Petri e visualização de cristais (3x-63x). Os resultados permitiram realçar a componente estética contida na Química, o que levou a estender os cursos/projetos a professores de Educação Visual que desenvolveram com êxito trabalhos de pintura, fotografia, escultura e composição gráfica, apesar de não terem formação em Química³. A partir de 2009, com o projeto “Artesãos do Século XXI”⁴⁻⁶, a ligação à Arte foi consumada, com colaborações ao nível de fotografia panorâmica e desenho de padrões decorativos numa componente de Arte Digital com aplicação à moda (fotógrafos, professores de Ciências, Artes e Educação Visual). A partir de 2013, com a divulgação nas redes sociais [Facebook](#), [Google\(+\)](#), [Researchgate](#), [Pinterest](#) e [Youtube](#), a colaboração estendeu-se a mais escolas e aos pintores holandeses do realismo contemporâneo, [Poen de Wijs](#) e [Jantina Peperkamp](#)^{7,8}.

Ciência e Arte. Cristais “On the Rocks”



© Poen de Wijs, Shells and Stones



Sal de Tutton de magnésio e potássio, cultivado num Múrice, imitando o mineral Picromerite.



Nesta figura, a ponte entre a Arte e a Ciência é feita pela concha de Múrice. A pintura de Poen, neste contexto de leitura da obra, poderia simular a colheita de suportes rugosos para o crescimento “On the Rocks”. A escolha do Múrice (canilha da Ria Formosa) pretende demonstrar que a amostra preparada na imagem da direita não é um mineral! Trata-se de um cristal químico, uma “schönite” incolor de magnésio e potássio, $\text{K}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (nomenclatura anterior a 2005), da família dos sais de Tutton (sistema monoclínico) muito parecida com o mineral picromerite que tem a mesma composição química⁷.

No exemplo da Figura seguinte, um detalhe de uma pintura em acrílico do mesmo autor, mostrando o seu modelo, é combinado com uma pintura de Cristina Fontoura Carvalhão, que representa o alúmen de cromo “On the Rocks”. O desenho técnico de minerais e cristais equipara-se em dificuldade ao desenho da mão humana, realçada na pintura do holandês. A ligação é feita pela escolha um tanto invulgar do modelo: um javali no caso de Poen e um cristal químico no nosso caso, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$, sulfato de cromo (III)—sulfato de potássio—água (1/1/24).

Ciência e Arte. Vamos pintar?



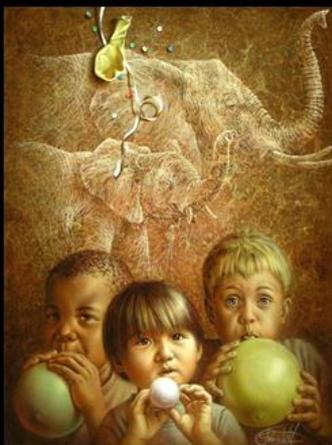
© Poen de Wijs, O Pintor e os seus modelos. Detalhe.



© Cristina Fontoura Carvalhão/ Clementina Teixeira
Cristais de alúmen de cromo "On the Rocks"

No exemplo de Ciência e Arte que se segue, a temática comum aos dois pintores Poen de Wijs e Jantina Peperkamp são os balões: a dificuldade em os encher, ilustrada nas respetivas pinturas. O elo de ligação à Ciência é o enchimento de balões com azoto e dióxido de carbono, usando um kitasato⁸. Estas experiências fazem parte dos Shows de Azoto líquido e neve carbónica⁹⁻¹¹: o balão enche rapidamente graças à vaporização do azoto líquido contido no recipiente, a -196°C . O mesmo se pode fazer com gelo seco, a -78°C , que sublima. A figura mostra ainda experiências do projeto Ciência Viva "A Química descobre a Criança", no infantário da APIST (com Sílvia Chaves) e numa Escola.

Experiências com balões. Custa muito encher um balão?



© Poen de Wijs, Fly a balloon



© Balloon, Jantina Peperkamp

A Ciência ajuda!



© Clementina Teixeira,
Azoto líquido e neve
carbónica



Também reunindo os três autores, apresenta-se de seguida um tema ligado à solubilidade do ar em água. Os dois pintores representam peixes nos seus quadros e aqui o que está em foco é a sua respiração: são visíveis as bolhinhas de ar na pintura de Aquário, integrada numa longa série de obras designada por Carnaval dos Animais. Nela o autor liga a sua pintura ao tema musical de Camille Saint-Saëns. Uma fotomicrografia de bolhas de ar em água aquecida, feita à lupa estereoscópica, com ampliação de 30x, faz a ligação à Ciência.

Das bolhinhas de ar passamos às bolas de sabão, tema recorrente na Ciência e na Arte⁷. Por sua vez, estas foram incluídas numa temática mais ampla, **O Soprar**, tantas vezes presente nas brincadeiras de crianças cujas expressões foram fantásticamente captadas por Poen. Nesta exposição, apresentam-se

Solubilidade do ar em água



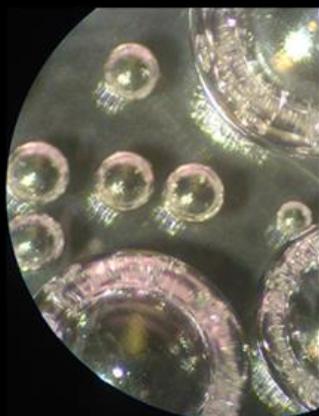
© Poen de Wijs, Kinderspel



© Jantina Peperkamp



© Poen de Wijs, Aquarium, detail.



© Clementina Teixeira, bubbles of air in a water solution, 30x



Carnaval dos Animais-4, Aquarium, Poen de Wijs

SOPRAR



Ciência Viva- Penamacor



© Poen de Wijs, Child Play

vários exemplos de padrões de moinhos de vento construídos a partir de fotomicrografias de Microscopia Química, “Windmills of Chemistry” e outras temáticas que incluem as aplicações da microscopia ao estudo do meio, 1º ciclo do ensino básico.



No exemplo acima, Poen mostra uma tendência muito frequente na sua obra, a expressão do movimento por reunião de instantâneos da criança a soprar. À direita os moinhos de vento químicos foram construídos por simetria de rotação, a partir da fotomicrografia da reação de NaOH com gelo seco, CO_2 (c), na presença de indicador universal de pH concentrado. A cor roxa da pastilha de NaOH corresponde ao meio básico e a cor vermelha ao meio ácido, proporcionado pelo dióxido de carbono sólido atuando como ácido de Lewis². O movimento dos moinhos foi ainda conseguido através de gifs disponibilizados nas redes Google (+) e Researchgate, ligando a microscopia química à Arte, como se mostra no exemplo abaixo indicado, que foi capa do Google(+) e indica o número de visitas ao site¹²⁻¹⁴.



Neste exemplo final, a menina a soprar (a mesma da figura anterior) e o pequeno detalhe do moinho de vento da pintura *Ar*, de Poen de Wijs, são os elementos escolhidos para fazer a ligação à microscopia

química, com um moinho químico construído por simetria de rotação a partir da fotomicrografia de gelo seco, recoberto de cristais de gelo, observado à lupa estereoscópica.

Agradecimentos

Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal (Project UID/QUI/00100/2013).

A [Christa Zaat](#) agradeço a divulgação da obra de [Poen de Wijs](#) na rede social Facebook.

Referências

- [1] 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.
- [2] C. Teixeira, “Mandei Vir os Ácidos, as Bases e os Sais: Aplicações da Microscopia Química”, *Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 107 (2007) 41-45.
- [3] Cristina Fontoura Carvalhão, Exposição de pintura de cristais “On the Rocks”, Átrio, Torre Sul, IST.
- [4] C. Teixeira, “Artesãos do Século XXI- Artesanato observado ao microscópio”, Catálogo da exposição, edição de autor, *Ciência Viva*, CV 100-2009/432, 2009. DOI 10.13140/RG.2.1.4313.2969. Vide, suplementos.
- [5] M. C. Oliveira, C. Teixeira, H. P. Diogo, E. C. P. Benedicto, *Microscopia Química: do Laboratório à Moda. IST Microfashion*, coleção “Electric Dreams”, Comunicação oral, I Encontro Internacional da Casa das Ciências, Escola Secundária D. Dinis, Lisboa, 21 e 22 de Março de 2013.
- [6] I. Madaleno, P. Castelhana, C. 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.
- [7] C. Teixeira, J. C. Poen de Wijs, H. Diogo, M. F. C. Pereira, G. Santos, M. Lancinha, M. Smith, “TALKING TO POEN”, a Project of Science and Art Developed in FACEBOOK: Crystal Growth, Chemical microscopy, Photomicrography and Symmetry, Comunicação oral, II Encontro Internacional da Casa das Ciências, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 14-16 de Julho de 2014.
- [8] C. Teixeira, J. Peperkamp, J. C. Poen de Wijs (a título póstumo), “Poen, Jantina e Clementina: Projeto de Ciência e Arte na Rede www.facebook.com”, comunicação oral, III Encontro Internacional da Casa das Ciências, ISEP, Porto, 11-13 de Julho 2016.
- [9] C. Teixeira, V. André, N. Lourenço, S. Chaves, M. Smith, M. Lancinha, C. Belchior em “Show de Azoto: O Azoto Mega Show! Experiências com azoto líquido, neve carbónica e bolas de sabão”, Brochura dos Laboratórios Abertos 2011, ISBN: 978-989-96933-2-6, eds. M. A. Lemos, C. G. de Azevedo, DEQB, IST, Fev. 2011, p 86-94.
- [10] C. Teixeira, M. Smith, G. Santos, M. Lancinha, C. Belchior, J. V. Moreira, A. S. Borrego, V. Silva, V. André em “Show de Azoto, O ciclo da Água”, Brochura dos Laboratórios Abertos 2013, eds. M. A. Lemos, C. G. de Azevedo, ISBN: 978-989-96933-7-1, DEQ, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Fevereiro de 2013, p 74-98. [11] C. Teixeira, M. Smith, G. Santos, J. V. Moreira, M. Lancinha, C. Belchior, A. S. Borrego, V. Silva, N. P. Lourenço, em “Show do Azoto-O ciclo da água”, Livro dos Laboratórios Abertos Júnior 2013, eds. M. A. Lemos, C. G. de Azevedo, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, ISBN: 978-989-96933-6-4, Fevereiro de 2013, p 22-32. DOI: 10.13140/2.1.2734.8805.
- [12] C. Teixeira, G. Santos, J. C. 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.
- [13] C. Teixeira, “Windmills of Chemistry. Chemical Microscopy, Science and Art. A Tribute to Poen de Wijs (1948-2014)”, Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 25/8/2015. DOI: 10.13140/RG.2.1.5154.9922.
- [14] C. 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.

Equipa

Coordenação

Dulce Simão
Cristina Azevedo
Amélia Lemos

Palestras

Ana Neves
Beatriz Bento
Everton Santos
Francisco Lemos
João Canário
João Loios
João Miguel Duarte
Maria Amélia Lemos
Marta Abrantes
Marta Martins
Pedro Amaral
Pedro Pinheiro
Tiago Porfírio
Zita Martins

Exposição

Clementina Teixeira

Logística

Carla Carvalho
Lurdes Ribeiro
Moisés Pinto
NEQIST
Alexandre Júlio
Nuno Simões

Módulos Experimentais

Ana Paula Serro
Ana Paula Dias
Ana Knittel
Ana Topete
Andreia Pimenta
Andreia Sofia Oliveira
António Costa
Cristina Azevedo
Diana Silva
Dulce Simão
Estela Lage
Fátima Rosa
Helena Filipe
José Armando Silva
Licínio Ferreira
Maria Fernanda Carvalho
Marta Coelho
Raquel Galante
Rita Pires
Rogério Colaço
Sílvia Chaves
Vasco Bonifácio
Tânia Stattmiller

Apoio na Realização

Ana Vicente

Carla Salvador

Isabel Leiria

Jorge Teixeira

Marta Coelho

NEQIST

Apoio Laboratorial

Alunos dos Mestrados em:

Engenharia Química

Engenharia Biológica

Engenharia Biomédica

Engenharia Aeroespacial

Escolas Participantes

Nos Laboratórios Abertos

Colégio de S. João de Brito, Lisboa
Colégio de Santa Doroteia, Lisboa
Colégio de São Gonçalo, Amarante
Colégio do Sagrado Coração de Maria, Lisboa
Colégio Valsassina, Lisboa
Escola Básica e Secundária de Alvide, Cascais
Escola Básica e Secundária Gil Vicente, Lisboa
Escola Profissional Magestil, Lisboa
Escola Secundária António Damásio, Lisboa
Escola Secundária com 3º Ciclo Padre António Vieira, Lisboa
Escola Secundária da Amora, Seixal
Escola Secundária de Coruche, Coruche
Escola Secundária de Mem Martins, Sintra
Escola Secundária de S. João do Estoril, Cascais
Escola Secundária do Lumiar, Lisboa
Escola Secundária Dr. António Carvalho Figueiredo, Loures
Escola Secundária Eça de Queiroz, Lisboa
Escola Secundária Gago Coutinho, Vila Franca de Xira
Escola Secundária José Gomes Ferreira, Lisboa
Escola Secundária Maria Amália Vaz de Carvalho, Lisboa
Real Colégio de Portugal, Lisboa

Nos Laboratórios Abertos Junior

Colégio Académico, Lisboa
Externato Marista
Escola Frei Gonçalo Azevedo
Escola Básica 2,3 de Porto Alto, Benavente
Escola Básica 2,3 Eugénio dos Santos, Lisboa
Escola Básica 2,3 Prof. João Fernandes Pratas, Benavente
Escola Básica 2,3 Professor Delfim Santos, Lisboa
Escola Básica Carlos Ribeiro, Seixal

Escola Básica e Secundária Anselmo de Andrade, Almada

Escola Secundária Fernão Mendes Pinto, Almada

Escola Secundária Frei Gonçalo Azevedo, Cascais

Externato Marista, Lisboa

Real Colégio de Portugal, Lisboa

[Nos Laboratórios Abertos Kids](#)

Associação Enraizar, Mafra

Colégio Académico, Lisboa

Escola EB1/JI Feliciano Oleiro, Almada

Real Colégio de Portugal, Lisboa

Patrocínios

