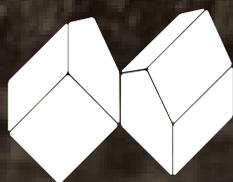


DEZEMBRO 2019

V7/04

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR. CASA DAS CIÊNCIAS



REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR



FICHA TÉCNICA

Rev. Ciência Elem., V7(04)

**Publicação trimestral
da Casa das Ciências**

ISSN 2183-9697 (versão impressa)

ISSN 2183-1270 (versão online)

rce.casadasciencias.org

DEPÓSITO LEGAL

425200/17

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Alexandra Coelho

DESIGN

Rui Mendonça

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Uniarte Gráfica S.A.

TIRAGEM

3600 exemplares

IMAGEM NA CAPA

Santo Sudário

casadasciencias.org/banco-imagens

© Todo o material publicado nesta revista pode ser reutilizado para fins não comerciais, desde que a fonte seja citada.



PROPRIETÁRIO

Casa das Ciências/ICETA

Faculdade de Ciências,

Universidade do Porto

Rua do Campo Alegre, 687

4169-007 Porto

rce@casadasciencias.org

CORPO EDITORIAL DA REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

EDITOR

José Ferreira Gomes (UNIVERSIDADE DO PORTO)

EDITORA CONVIDADA

Maria João Ramos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

CONSELHO EDITORIAL

João Lopes dos Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Jorge Manuel Canhoto (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

José Francisco Rodrigues (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

Luís Vítor Duarte (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

Maria João Ramos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Paulo Fonseca (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

Paulo Ribeiro-Claro (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

PRODUÇÃO E SECRETARIADO

Alexandra Coelho

Guilherme Monteiro

NORMAS DE PUBLICAÇÃO NA RCE

A Revista de Ciência Elementar dirige-se a um público alargado de professores do ensino básico e secundário, aos estudantes de todos os níveis de ensino e a todos aqueles que se interessam pela Ciência. Discutirá conceitos numa linguagem elementar, mas sempre com um rigor superior.

INFORMAÇÃO PARA AUTORES E REVISORES

Convidam-se todos os professores e investigadores a apresentarem os conceitos básicos do seu labor diário numa linguagem que a generalidade da população possa ler e compreender.

Para mais informação sobre o processo de submissão de artigos, consulte a página da revista em rce.casadasciencias.org



**CASA DAS
CIÊNCIAS**

EDULOG · FUNDAÇÃO BELMIRO DE AZEVEDO

DEZEMBRO 2019

V7/04

ÍNDICE

- 02 AGENDA
- 03 NOTÍCIAS
- 05 PROFESSOR DO ANO 2019
- EDITORIAL
- 07 **Feliz Natal e Bom Ano Novo!**
Maria João Ramos
- ARTIGOS
- 09 **A Ciência e o Crime**
Alexandre L. Magalhães
- 14 **Identificação genética através de análises de DNA**
António Amorim
- 19 **Criptografia e Criptoanálise**
António Machiavelo, Rogério Reis
- 23 *Copenhagen*
Eduardo Lage
- 25 **Poluição, um veneno silencioso para a saúde humana**
Helena Ribeiro
- 30 **A escrita manual a desvendar mistérios**
Maria João Branco, Sara Santos
- 34 **Falsificação de obras de arte**
Maria João Melo, Vanessa Otero
- 37 **Fraudes e falsificações na Arte e Arqueologia desmascaradas pela datação por Carbono 14**
Pedro A. Fernandes
- 43 **Reconhecimento facial**
Verónica Orvalho
- 48 **IMAGEM DE DESTAQUE**
Grão de pólen de *Hibiscus*
Susana Marques, Fátima Cotrim

13/11
e 31/12 (2019)

Moléculas Magníficas, 9ª edição

A exposição "Moléculas Magníficas" segue na 9ª edição. Trata-se de uma iniciativa do Laboratório de Bioquímica Computacional da Faculdade de Ciências da U.Porto, que mais uma vez tem o generoso apoio e acolhimento por parte da Reitoria desta Universidade.

A exposição de arte científica tem um duplo objetivo. O mais imediato de captar e divulgar a extraordinária estética do mundo das moléculas da vida, na perspetiva da arte científica, e o objetivo mais lato de dar a conhecer ao público este mundo tão furtivo e desconhecido, mas que rege, de forma discreta, toda a vida sobre a terra.

REITORIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



23/05
e 24/05 (2020)

7ª Concentração de Telescópios em Moimenta da Beira

Mais uma vez Moimenta da Beira receberá a concentração de entusiastas do tema. O Clube de Ciências da Escola Básica e Secundária de Moimenta da Beira será o responsável pela organização da maior concentração de telescópios do país.

MOIMENTA DA BEIRA

[HTTPS://SITES.GOOGLE.COM/SITE/CLUBEDASCIENCIASMB/](https://sites.google.com/site/clubedascienciasmb/)



02/04
e 03/04 (2020)

II Encontro Temático da Casa das Ciências

Água, um tema transversal

Na sequência do sucesso do Encontro Temático realizado em Viana do Castelo em 11-12 de abril passado, vamos repetir o evento, agora em Estremoz, com um programa semelhante. Serão dois dias de trabalho seguidos de uma saída de campo (opcional) no sábado, 4 de abril. Esperamos vir a acreditar 15 + 6 horas de formação. O tema permite tratar a água numa perspetiva multidisciplinar envolvendo a Física a Química, a Biologia e a Geologia. A saída de campo também focará estas diferentes visões, sendo sempre acompanhada.

Abertura de inscrições a 02 de janeiro de 2020. Esteja atento!

CENTRO DE CIÊNCIA VIVA DE ESTREMOZ

WWW.CASADASCIENCIAS.ORG/ESTREMOZ2020



08/07
a 10/07 (2020)

VII Encontro Internacional da Casa das Ciências

O Encontro Internacional da Casa das Ciências regressa ao Porto em 2020 num formato próximo do que já é bem característico da Casa das Ciências. À componente plenária, juntamos pelo menos 2/3 do tempo de formação em pequenos grupos de cerca de 20 pessoas para melhor contacto com os formadores.

Data prevista de abertura de inscrições dia 03 de fevereiro de 2020. Esteja atento!

PORTO, ISEP-IPPORTO

As baleias jubarte no Atlântico Sul já não estão em extinção



As boas notícias são de que a população de baleias jubarte, que nada nos mares entre a América do Sul e a Antártica, recuperou de tal modo que já não se encontra em quase extinção. Ano após ano, há mais animais, mais jovens e mais descendentes.

Infelizmente, a caça às baleias iniciada por volta de 1830, resultou num nível muito baixo – 440 indivíduos em 1958 – de baleia jubarte no Atlântico Sul. Com a caça comercial proibida em 1986, a população começou a recuperar.

Das 14 populações conhecidas - 7 no hemisfério norte e 7 no hemisfério sul - 10 mostraram sinais evidentes de recuperação, segundo a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (Seattle, EUA). As outras 4 não estão a recuperar e são, portanto, ainda consideradas ameaçadas.

A Comissão Internacional da Baleia realizou avaliações entre 2006 e 2015, e o resultado apontou para uma recuperação de cerca de 30% relativamente à abundância da baleia jubarte antes da exploração. No entanto, é complicado contar animais em movimento, especialmente quando esses animais mi-

gram milhares de quilómetros debaixo de água, e só de vez em quando necessitam de vir à tona da água para respirar.

Sob pressões extremas o chumbo é mais forte do que o aço



Em 11 de novembro foi publicado, na prestigiada *Physical Review Letters*, um estudo muito interessante relativamente ao chumbo. Este, em condições normais, é um metal relativamente macio e que facilmente se arranha com a unha. No entanto, quando comprimido sob pressões extremas, o chumbo torna-se duro e forte, mais forte ainda do que o aço.

Para chegarem a esta conclusão, uma equipa de cientistas comprimiu rapidamente uma amostra de chumbo com lasers no *National Ignition Facility* no Laboratório Nacional Lawrence Livermore, na Califórnia. A pressão dentro da amostra atingiu cerca de 400 gigapascals, a qual se assemelha às pressões encontradas no núcleo da Terra.

Os cálculos sugerem que a pressão alterou a estrutura cristalina do chumbo, causando um rearranjo da estrutura atômica e resul-

tando num metal mais forte.

Quando os materiais são comprimidos, as suas propriedades podem mudar drasticamente. Por exemplo, o hidrogénio, normalmente um gás, pode-se transformar num metal!

Mudar o clima plantando árvores?



A ideia do plantio de muitas árvores para combater pelo menos uma parte considerável do aquecimento do planeta parece tão atraente, simples e prática! Uma visão mais realista, no entanto, pode reduzir esta ideia a útil, mas não à cura universal. Na realidade, os benefícios potencialmente provindos do plantio de árvores desencadearam uma reação cética no interior da comunidade ligada às ciências climáticas.

Um estudo publicado na famosa revista *Science* de 5 de julho passado, deu origem a um debate no mundo científico - Jean-François Bastin, Tom Crowther (ETH, Zurique) e co-autores estimaram que a Terra possui uma área do tamanho dos Estados Unidos da América, *i.e.* 0,9 mil milhões de hectares,

adequada para o plantio de novas árvores que poderiam absorver parte do excesso de dióxido de carbono da humanidade, retardando, assim, as mudanças climáticas.

No entanto, este estudo não foi tão bem recebido como seria de esperar, pela comunidade científica, e vários cientistas (mais de 80) publicaram as suas razões na *Science* de 18 de outubro, basicamente preocupados com o facto do estudo e sugestão do plantio de árvores poder desviar a política climática do caminho correto. Seguem-se 5 dessas considerações sobre o plantio de muitas árvores para combater a mudança climática:

- a principal solução para combater a crise climática é parar de libertar gases que provocam um efeito estufa o mais rapidamente possível e não plantar árvores;
- o número publicado no estudo inicial, sobre a quantidade de carbono que as árvores podem capturar, pode ter sido sobre-estimado em cinco vezes;
- muito provavelmente as pessoas nunca escolherão plantar árvores em todos os pedaços de terra disponíveis no mundo;
- o carbono presente no solo de pradaria, mesmo sem árvores, pode ser importante e a plantação de árvores teria um efeito muito menor que o estimado;
- no entanto, plantar árvores pode ser bom, desde que seja feito com cuidado.

Professor do Ano 2019



Carlos Portela

É professor de Ciências Físico-Químicas na Escola Secundária Dr. Joaquim de Carvalho, na Figueira da Foz, desde 1992.

Nasceu em Moçâmedes, Angola, em 1966. Reside na Figueira da Foz desde 1992. É licenciado em Física (1990) e mestre em Ensino da Física e da Química (1995), pela Universidade de Coimbra. Exerce atividade letiva nos ensinos básico e secundário desde 1988.

Dinamiza atividades de promoção da ciência (projetos, exposições, feiras de ciência e conferências). Alguns dos seus alunos participaram na *International Physics Olympiad* e na Olimpíada Ibero-americana de Física. Dinamiza ações de formação para professores desde 1999. Em 2005, foi galardoado com uma menção honrosa no Concurso Rómulo de Carvalho, dinamizado pela Sociedade Portuguesa de Física. É autor de diversos recursos didático-pedagógicos: manuais escolares, livros de apoio para os alunos, livros de apoio para os professores e recursos digitais. É revisor científico-pedagógico de manuais escolares. Mantém o sítio *web* Vídeos para o Ensino das Ciências (<https://sites.google.com/site/videosfq/>), onde organiza hiperligações para vídeos nas áreas da matemática, da física e da química. É cola-

borador da Casa das Ciências, desde 2010. Tem materiais didáticos publicados na Casa das Ciências, alguns deles premiados. Foi coordenador da Divisão de Educação da Sociedade Portuguesa de Física (2011 a 2018).

Integrou a Comissão Nacional das Olimpíadas de Física (desde 2006), Comissão Organizadora da XI Olimpíada Ibero-americana de Física (2006), Comissões Organizadoras e Científicas de Encontros Ibéricos para o Ensino da Física (2011 a 2018), Comissão Editorial da Gazeta de Física e Comissão Científica da Olimpíada da Ciência da União Europeia 2019.

Foi membro do Conselho Consultivo do Gabinete de Avaliação Educacional - GAVE (2011 a 2013), do Conselho Científico do Instituto de Avaliação Educativa - IAVE (2013 a 2017) e do respetivo Conselho Geral (2013 a 2018).

Integrou os grupos de trabalho responsáveis pela elaboração de documentos curriculares do ensino básico e secundário, na área da Física e da Química: Metas Curriculares de Ciências Físico-Químicas do 3.º CEB (2013), e no secundário, Metas Curriculares e Programa de Física e Química A (10.º e 11.º anos) e Metas Curriculares de Física (12.º ano) (2014); Aprendizagens Essenciais das disciplinas de Ciências Físico-Químicas, Física e Química A e Física 12.º dos Cursos Científico-Humanísticos (2018); Aprendizagens Essenciais das disciplinas de Estudo de Movimento e de Física e Química dos Cursos Profissionais (2019).

O ambiente nas aulas não podia ser melhor: estamos atentos, trabalhamos, e aprendemos, mas há também espaço para pequenas brincadeiras, sorrisos e gargalhadas. O professor é capaz de chorar de tanto rir!

Ana Romeiro, ex-aluna, 5º ano, Fac. Medicina - U.Porto

Este Professor é respeitado (e vice-versa) e todos sabem que podem contar com o seu apoio quando têm algum problema, tanto na escola como em casa.

Raquel Pina, ex-aluna, 1º ano, IST-ULisboa

Eu gostava de ir às aulas porque gostava do professor e acredito que isso me fazia mais atento e mais recetivo. Fui um privilegiado pela sorte que o colocou no meu caminho.

Bruno Moura, ex-aluno, 3º ano, IST-ULisboa

Distinguir o Carlos Portela como professor do ano da Casa das Ciências é tão merecido que as palavras servem de pouco.

Maria da Conceição Abreu, presidente, Sociedade Portuguesa de Física

“Professor do Ano” é a distinção atribuída anualmente pela Comissão Editorial da Casa das Ciências a um professor em reconhecimento do seu mérito como docente do ensino básico ou secundário e da sua disponibilidade de partilhar a sua experiência com os colegas.

Feliz Natal e Bom Ano Novo!



FIGURA 1. pêndulo de Newton natalício.

O Natal aproxima-se e, com ele, vem também o frenesim habitual da decoração das casas, das prendas a oferecer, dos cozinhados e das sobremesas da época. Mas, apesar do bulício habitual dos dias anteriores ao do Natal, os que se lhe seguem costumam ser de paz e de algum descanso adicional relativamente ao habitual e, por isso mesmo, propícios à leitura da Revista da Casa das Ciências.

Dado que a época é única, também esta edição de Natal da Revista é especial, tentando trazer ao leitor uma leitura leve e agradável sobre temas científicos que estão, de certo modo, ligados a algum mistério ou a situações que acabam por se tornar misteriosas. Assim poderão ler sobre temas tais como fraudes e falsificações na arte e arqueologia ou o encontro secreto entre Heisenberg e Bohr. E muitas outras são as contribuições de cientistas portugueses que, altruisticamente, colaboraram para esta edição especial da revista. A eles muito obrigada. E a quem os ler, muito obrigada também.

A competir com o conteúdo, a figura na capa da revista está também coberta de mistério. Muitos terão identificado imediatamente uma reprodução do Santo Sudário, depositado na

Catedral de Turim, em Itália. Em 1978, teve início um projeto de investigação, o *Shroud of Turin Research Project* (STURP), durante o qual foi permitido a uma equipa de cientistas realizar uma série de testes para determinação da natureza da imagem e das manchas presentes no material do Santo Sudário. Em 1981, a equipa do STURP concluiu que a imagem representava uma forma humana real, não se tratando pois de um trabalho artístico, e que as manchas apresentavam a presença de diversas componentes sanguíneas. Em 1995 foi realizada uma análise de DNA a uma das manchas de sangue tendo revelado que ele pertencia a um ser humano do género masculino embora não tivesse sido possível determinar a sua etnia.

Ateus ou religiosos, cristãos, cientistas, escritores e historiadores têm opiniões conflituosas relativamente ao Sudário de Turim. Enquanto muitos acreditam que seja o tecido com que o corpo de Jesus foi coberto depois da sua morte, muitos outros consideram-no uma falsificação do séc. XIV. E todos utilizam argumentação científica válida para provar as respetivas teorias...

E temas tão interessantes como este preenchem as páginas desta edição!

Maria João Ramos

Editora convidada

Ciência e Crime

Histórias de uma relação dual

Alexandre L. Magalhães

DQB/ Universidade do Porto

A Justiça e a Ciência partilham um desígnio comum que é a busca da Verdade. O conceito de Verdade levar-nos-ia para uma discussão filosófica que extravasa o âmbito desta revista, mas para estas duas áreas da atividade humana a Verdade é interpretada como a descrição de factos construída sobre princípios e vias metodológicas cuja coerência é irrefutável. No entanto, a aplicação dessa verdade, uma vez apurada, tem propósitos distintos. Assim, a Justiça utiliza-a para punir culpados ou absolver inocentes, enquanto a Ciência dela necessita para prever e controlar eventos e também para satisfazer a nossa insaciável vontade de conhecimento. A racionalidade do método científico moderno e os benefícios sociais das suas aplicações tecnológicas foram elevando a Ciência a um estatuto de Lei Universal ao longo dos últimos séculos. Não é pois de estranhar que muitas outras áreas de intervenção humana instrumentalizem a Ciência, honesta ou desonestamente, para aumentar a eficácia do discurso como acontece muitas vezes com o poder político e o judicial.

Um dos exemplos mais paradigmáticos e antigos do uso da Ciência ao serviço da Justiça é o de Arquimedes de Siracusa (287 a.C.-212 a.C.), o caso da coroa do Rei. Mesmo que muitos dos factos estejam já envoltos numa aura de lenda, relata-se que o Rei Hierão II teria encomendado uma coroa votiva em ouro puro a um artesão local. Desconfiando da pureza do material utilizado, o monarca pediu auxílio ao reputado cientista para deslindar o caso. Reza também a lenda que, enquanto mergulhava na sua banheira e sentia o impulso que lhe daria fama, Arquimedes concebeu um método para responder ao desafio sem necessidade de danificar a coroa. Perante a força do argumento científico o rei não teve dúvidas em condenar o desonesto artífice.

Desde o uso oficial de impressões digitais na China do séc. VIII para revelar a autenticidade de documentos e esculturas de argila, até às atuais técnicas de análise de DNA que revolucionaram o campo da ciência forense, variadas ferramentas de base científica foram

sendo adicionadas ao arsenal do poder judicial no combate ao crime. Porém, o primeiro exemplo da aceitação de um relatório científico como elemento de prova em tribunal ocorreu na Inglaterra, em 1832, quando o químico James Marsh (1794-1846) desenvolveu um método que lhe permitiu detetar arsénio nas paredes do estômago de uma vítima de envenenamento, tendo sido desse modo possível apresentar uma prova pericial inequívoca da causa de morte e chegar à identificação do criminoso.

Por cá, em finais do séc. XIX, a Ciência dava os seus primeiros passos na área da Justiça com o famoso Crime da Rua das Flores. Vicente Urbino de Freitas, abastado portuense e médico formado em Coimbra e professor da Escola Médico-Cirúrgica do Porto, fora acusado de envenenar o cunhado e um jovem sobrinho por motivos financeiros e patrimoniais. Uma equipa do Laboratório Químico Municipal do Porto, que incluía o insuspeito António Joaquim Ferreira da Silva, lente da Escola Politécnica do Porto e fundador da Sociedade Portuguesa de Química, foi chamada a efetuar perícias aos corpos das vítimas. O relatório forense divulgado em outubro de 1890, revelava que as vísceras e a urina da criança apresentavam níveis de morfina, delfinina e narceína suficientemente elevados para causar a morte. Porém, a defesa do réu contestou o relatório e requereu uma nova perícia a cargo de investigadores ligados à Universidade de Coimbra. Assim, numa jogada inteligente, a defesa conseguiu passar a polémica para a esfera das Instituições e o julgamento prolongou-se por mais de 3 anos. Finalmente, em 1 de Dezembro de 1893 o veredicto foi proferido e Vicente de Freitas foi condenado a 8 anos de prisão e 20 de degredo. Apesar do contributo da Ciência, a Verdade deste caso permaneceu frágil ao longo dos tempos, havendo ainda hoje quem considere o réu inocente.

A Verdade é uma construção humana que ganha força com o argumento científico; não é pois de estranhar que ele seja muitas vezes manipulado e usado em narrativas com propósitos distintos. De facto, a História é fértil em exemplos de utilização da Ciência pelos poderes instituídos. Por vezes, é difícil avaliar se a Ciência está ao serviço do Bem ou do Mal, se é legal ou criminosa. Quando há interesses que se sobrepõem à Lei e Ética vigentes, a Ciência passa a ser usada de modo clandestino; é o fenómeno do *Breaking Bad*. Lançada em 2008, a série televisiva norte-americana que popularizou esta expressão conta a história de Walter White, um pacato professor de química do ensino secundário que, devido a dramáticos acontecimentos na sua vida pessoal, decide mergulhar no sub-mundo da droga onde obtém sucesso empresarial devido aos seus vastos conhecimentos de química.

De igual modo, sempre que se assiste a uma evolução de princípios éticos e legais há práticas científicas que deixam de ser toleradas. Inúmeros exemplos poderiam ser dados de práticas científicas que tendo sido legais no passado o deixaram de ser, ou que são admitidas em certos regimes e noutros não.

Um dos casos mais antigos e interessantes desta dualidade surge na Roma do séc. I onde o assassinato por envenenamento atingiu elevados níveis de sofisticação.

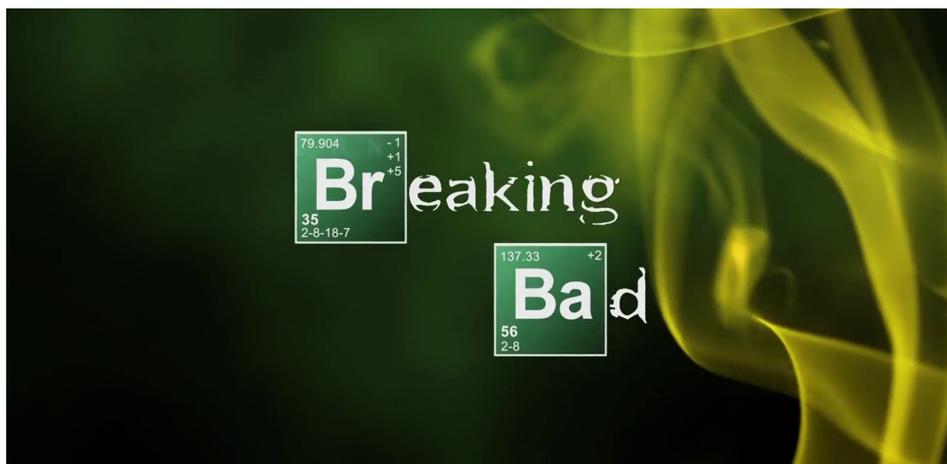


FIGURA 1. *Breaking Bad*, expressão que faz parte da gíria do Sudoeste dos EUA e significa que alguém se desviou do caminho correto e passou a fazer coisas erradas.

De entre os especialistas destacava-se Locusta que foi acusada de vários crimes e condenada à morte no tempo de Cláudio. Porém, não tendo sido imediatamente executada, foi contratada pela esposa do próprio imperador, Agripina - a Jovem, para preparar um veneno para o seu marido. Após o sucesso desse empreendimento, o novo imperador Nero, filho de Agripina, requisitou de imediato os serviços de Locusta para eliminar o seu meio-irmão mais novo Britannicus. Nero apreciou tanto a eficácia com que Locusta lhe resolveu esse enorme problema que decidiu anular a sentença capital que sobre ela pendia e promovê-la a sua conselheira para as questões “venenosas”. Mais tarde criou ainda uma escola dedicada ao tema onde Locusta podia transmitir o seu saber aos mais novos e efetuar experiências em animais e até em prisioneiros. Com a morte de Nero a sorte de Locusta tornou a mudar; o novo imperador, Galba, não reconheceu as suas serventias e mandou executá-la.

Um outro campo onde a fronteira da legalidade está continuamente em redefinição e em que a Ciência é usada por duas forças antagónicas que se digladiam é o *doping* no desporto. Desde os primeiros Jogos Olímpicos da antiguidade, realizados na Grécia em 776 a.C., que a vontade de vencer estimula a procura de novas formas de aumentar o desempenho desportivo quer pela inócua adoção de treinos físicos inovadores e de dietas adequadas quer pela administração de substâncias químicas manipuladas. Aliás, o próprio termo *doping* deriva provavelmente da palavra holandesa *dop* que designa um sumo viscoso à base de ópio semelhante ao que os antigos desportistas gregos usariam. Nos dias de hoje, por um lado há uma contínua pesquisa de novas substâncias que aumentem o desempenho dos atletas e que não sejam detetadas em análises de controlo e, por outro lado, procura-se combater esse movimento desenvolvendo métodos mais eficientes de deteção de substâncias consideradas ilegais. Nas sociedades modernas, o impacto do fenómeno desportivo, a

nível social e económico, é de tal maneira elevado que se compreende o envolvimento de vários grupos e dos próprios governos no seu controlo e/ou exploração.

A Agência Mundial Antidoping (WADA - *World Anti-Doping Agency*) foi fundada em 10 de novembro de 1999 por iniciativa do Comité Olímpico Internacional como reação ao explosivo fenómeno do *doping* no desporto. Este organismo tem tido como missão monitorizar, regulamentar e combater o uso de substâncias e métodos ilícitos que destroem o espírito do desporto e prejudicam a saúde dos atletas. No entanto, os interesses organizados do lado oposto travam uma luta furtiva mas feroz para iludir os mecanismos de controlo *anti-doping* também com a ajuda da Ciência. Não é pois de estranhar que a lista das proibições esteja continuamente a ser revista pela WADA. Por exemplo, a pseudoefedrina e a norefedrina foram retiradas da lista de substâncias proibidas em 2003 assim como a cafeína em 2004. Porém, a primeira foi reintroduzida em 2010, mas com o nível máximo permitido de $150 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ em vez do valor anterior de $25 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. Neste momento a lista atualizada das proibições decretadas por esta agência contém mais de duzentas substâncias químicas e três métodos de manipulação de amostras, sangue e seus constituintes e ainda modernas técnicas de manipulação genética e/ou celular. Um caso recente ganhou projeção mediática porque envolveu a estrela russa do ténis profissional Maria Sharapova que chegou a ser número 1 do *ranking* da WTA. Testes *antidoping* efetuados à atleta no *Open* da Austrália de 2016 deram resultados positivos para a substância meldonium, introduzida na lista de proibições da WADA em 1 de Janeiro de 2016, e sentenciaram o seu afastamento da modalidade por um período de 2 anos. Sintetizado pelo químico letão Ivars Kalvins em 1970, este fármaco aprovado nas antigas repúblicas soviéticas mas nunca pelas agências americana e europeia, aumenta o desempenho dos atletas e diminui o período de recuperação após esforço físico. O meldonium foi sendo administrado aos atletas com algum secretismo, como aconteceu com Maria Sharapova desde 2006, com a justificação de que protegia a saúde do atleta em muitos aspetos nomeadamente a nível cardíaco, o que sempre foi negado por especialistas ocidentais.

Porventura, o caso mais paradigmático de investigação e implementação de métodos científicos por parte de um Estado na área do *doping* no desporto é o da antiga República Democrática Alemã. Após a queda do Muro de Berlim, foi possível revelar o sinistro e criminoso projeto de larga escala arquitetado pelos dirigentes socialistas desse antigo estado durante as décadas de 1970 e 1980. O plano resultou no “sucesso desportivo” traduzido em mais de 500 medalhas conquistadas nesse período que serviu os intentos de propaganda de um regime decrépito e totalitário. Muitos dos estudos deram origem a teses de doutoramento em instituições como o *Research Institute for Physical Culture and Sports*, em Leipzig, e o *Central Doping Control Laboratory*, em Kreischa, seguindo rigorosas metodologias científicas mas violando princípios básicos de Ética. Estima-se que cerca de 10000 atletas terão entrado neste programa de *doping* estatal sem o seu próprio

consentimento ou dos seus pais. Muitos deles começaram com a tenra idade de 8 anos, sendo administradas substâncias, em particular esteróides androgénicos anabolizantes, que lhes aumentavam a força muscular, a agressividade e o desempenho desportivo. As consequências foram devastadoras para a saúde dos atletas envolvidos, principalmente nos do sexo feminino; depressão, doenças cardíacas, doenças degenerativas ósseas, abuso de drogas e álcool, infertilidade e malformação em fetos são algumas das complicações que muitos vieram a sofrer ao longo da vida. Recentemente, o governo alemão reconheceu este drama e, em março de 2016, aprovou uma lei para compensar monetariamente essas vítimas.

Estes acontecimentos poderiam levar-nos a pensar que, atualmente, o fenómeno de *doping* no desporto se encontraria confinado à atuação isolada de pequenos grupos, mas notícias recentes revelaram um outro caso de larga escala na Rússia de Putin. Grigory Mikhailovich Rodchenkov, um químico russo e especialista em substâncias dopantes, nomeado em 2005 diretor do Laboratório *antidoping* de Moscovo, viu a sua atividade suspensa pela WADA em 2015. Entre 2005 e 2015 desenvolveu e distribuiu substâncias para aumentar o desempenho dos atletas olímpicos russos num programa de larga escala patrocinado pelo governo de Vladimir Putin. Em 2016 decidiu denunciar esse esquema do governo russo, que levou ao afastamento da delegação russa dos Jogos Olímpicos de Verão do Rio de Janeiro - Brasil, em 2016 e dos Jogos de Inverno de Pyeongchang - Coreia do Sul, em 2018 e ainda à perda de várias medalhas atribuídas nos Jogos de Inverno de Sochi - Rússia, em 2014. Encontrando-se neste momento ao abrigo de um programa de proteção de testemunhas nos Estados Unidos da América, após várias mortes "inexplicadas" na estrutura *antidoping* russa, Rodchenkov concedeu uma entrevista ao jornalista Scott Pelley no programa *60 minutes* da *CBS News*. Quando questionado sobre o seu papel no laboratório *antidoping*, apanhar atletas dopados ou protegê-los, ele respondeu claramente: "*Claro que estando à frente de um laboratório acreditado, teria de reportar 1% a 2% de resultados positivos; mas, por outro lado, tinha de proteger a equipa nacional russa porque o objetivo final era ganhar a todo o custo os campeonatos mundiais e jogos olímpicos (Sochi - Rússia)*".

Muitos são os exemplos que poderiam ser apresentados para ilustrar as contradições morais da Humanidade ao longo da História. A Ciência exclui-se desses dilemas pois não passa de um instrumento ao serviço dos interesses humanos. Contudo, por se mostrar tão eficaz e poderosa, é e será sempre utilizada como arma pelas duas barricadas no eterno combate entre o Bem e o Mal.

Identificação genética através de análises de DNA

António Amorim

i3S/IPATIMUP/ Universidade do Porto

O impacto da série de TV *CSI* na opinião pública (e nos tribunais!) foi tão significativo que se tornou um objeto de estudo nas ciências sociais, sob os nomes de *Efeito ou Síndrome CSI*. Um dos seus aspetos mais problemáticos consiste no exagero do poder das análises genéticas e a mitificação do DNA como chave universal para a resolução de todos os problemas. A realidade é bem outra, como vamos demonstrar, evidenciando as possibilidades e os limites das análises genéticas às questões forenses.

A Genética Forense pode definir-se como sendo a aplicação da genética à resolução (e à prevenção) de conflitos legais, usando amostras biológicas (humanas e não-humanas) para a análise populacional de diferenças inter- e intraespecíficas. O âmbito de aplicação é, portanto, vasto e ambicioso, não se limitando à clássica criminalística e abrangendo cada vez mais, particularmente quando usando DNA não-humano, questões pouco conhecidas, embora por vezes já rotineiras, como a deteção da fraude alimentar.

A primeira confusão que importa desfazer sobre o poder da genética resulta de esta ciência e a sua aplicação forense ser muito diferente – quase se diria oposta – à das ciências forenses tradicionais. Na verdade, as ciências forenses clássicas baseiam a sua intervenção num pressuposto (pomposamente chamado princípio da singularidade discernível) que consiste em admitir que quaisquer pessoas ou objetos são únicos e, portanto, os vestígios ou marcas que produzem são também individuais e distinguíveis. Ou seja, quando

dois vestígios (por exemplo, impressões digitais, ou estrias de disparo em projéteis) são idênticos, terão sido resultado do mesmo indivíduo (pessoa ou arma de fogo) e quando distintos, provocados por indivíduos ou objetos diferentes. Ora a genética procede de forma totalmente diversa, uma vez que não individualiza, mas apenas categoriza, classificando os objetos em tipos ou grupos (como os clássicos grupos sanguíneos ou sequências de DNA). Podemos contrastar estas duas formas de raciocínio:

Ciências forenses clássicas	Genética forense
<p>duas impressões digitais – a recolhida ao suspeito e a encontrada no local do crime – são idênticas</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>São do mesmo indivíduo</p>	<p>duas amostras - a recolhida ao suspeito e a encontrada no local do crime - são do mesmo grupo/tipo</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>São do mesmo indivíduo ou de indivíduos distintos, mas do mesmo tipo</p>

Resulta claro que, não fazendo a genética forense individualização categórica, conduz, sempre, para uma mesma observação (ou conjunto de observações – um perfil genético ou sequência de DNA), a duas interpretações alternativas, cuja probabilidade ou frequência deverá ser calculada.

Vamos tentar demonstrar como isso é feito sem recorrer a demasiados conhecimentos prévios de genética, quer teóricos quer tecnológicos, uma vez que o que se pretende nesta (tentativa de) comunicação com não especialistas será fazer compreender o enquadramento e o modo de atuar da genética forense, desmontando a mitologia associada ao *efeito CSI*, complementando (e corrigindo) uma nota publicada num site quase homónimo (O *Efeito CSI*: quanto devo confiar em evidências forenses?). Também se evitará o recurso excessivo a matemática, probabilidades e estatística, que tanto assustam, infelizmente, os biólogos.

Um facto, duas (ou mais) opiniões

O que caracteriza uma situação forense é a existência de (potencial ou atual) conflito de interpretação quanto à causa ou autoria de um facto cuja realidade não é objeto de discussão: não há dúvidas que Fulano morreu vítima de agressão, que uma criança nasceu, etc. A disputa nasce da autoria ou responsabilidade a associar a esses factos: Será Sicrano o pai da criança? (ele discorda!); foi Beltrano o autor da agressão que vitimou Fulano (ele nega terminantemente, mas a Polícia acha o contrário)?

Suponhamos (para que a Genética forense possa entrar em cena e dar o seu contributo), que neste último caso foi encontrada no local do crime uma ponta de cigarro que, uma vez analisada, revelou um determinado perfil genético (FIGURA 1). Analisada igualmente uma amostra de referência do suspeito Beltrano (pela mesma metodologia e para os mesmos

marcadores genéticos), verifica-se que coincidem. Que concluir?

Com vimos atrás, a Genética Forense não individualiza e, portanto, a inferência pericial é a de que: (1) são do mesmo indivíduo, ou (2) de dois indivíduos distintos com o mesmo perfil genético.

Se assim é, como pode uma conclusão destas auxiliar uma decisão judicial? O “truque” será utilizar a teoria da genética populacional para calcular a frequência dos resultados obtidos, assumindo as duas explicações alternativas.

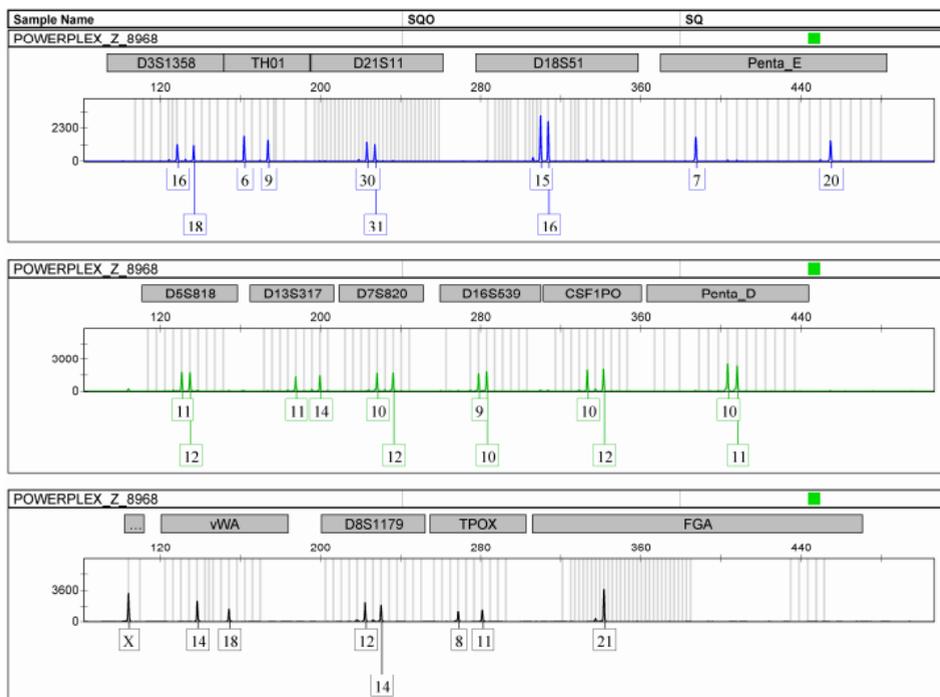


FIGURA 1. Exemplo de perfil genético em um caso de identificação forense gerado por determinação automática de tamanho de seqüências de DNA. Em cada uma das regiões analisadas (D3S1358, TH01,...) o indivíduo apresenta um ou dois 'picos' conforme tenha recebido de cada um dos seus progenitores informação genética idêntica (caso de FGA) ou diferente. O 'pico' assinalado com X é um identificador de sexo: trata-se de um indivíduo do sexo feminino; caso contrário apresentaria dois, X e Y.

Ou seja, a frequência *esperada* de uma mesma observação (dois perfis genéticos idênticos em duas amostras distintas) é diferente conforme admitimos uma explicação ou outra. Então, se as duas amostras provêm do mesmo indivíduo (Hipótese 1, H_1), a frequência que procuramos calcular é simplesmente a de, ao acaso, encontrarmos na população relevante o perfil em causa (simbolizemos por f). Pelo contrário, se correspondem a dois indivíduos (Hipótese 2, H_2), a frequência que procuramos é a de um par de indivíduos, igualmente ao acaso na mesma população terem esse mesmo perfil (o que será $f \times f = f^2$). Estamos então em condições de comparar as duas através de

uma razão; para isso simbolizamos da seguinte forma: a primeira - a frequência esperada dos resultados segundo $H1$ - será $F|H1$ (que se lê: F dado $H1$) e a segunda $F|H2$ (F dado $H2$). Ora, como vimos atrás, $F|H1 = f$, $F|H2 = f^2$ e a razão que as compara será

$$R = \frac{F|H1}{F|H2} = \frac{f}{f^2} = \frac{1}{f}$$

Consequentemente, à pergunta feita ao perito – se as duas amostras provêm do mesmo indivíduo, o suspeito Beltrano, este responde (um pouco ao lado, convenhamos) com o seguinte: os resultados obtidos são R vezes mais frequentes na hipótese de corresponderem ao mesmo indivíduo do que na hipótese de corresponderem a dois indivíduos distintos.

Uma vez que a frequência do perfil é normalmente muito baixa (veja-se o exemplo da TABELA 1), o seu inverso é astronomicamente elevado, o que agrava o risco de má interpretação deste resultado pericial (mais um efeito CSI!). De facto, o que muitas vezes o tribunal infelizmente “lê” naquele texto é que a probabilidade de identidade é (próxima) de 100%, ou, pior ainda, que está praticamente provado que Beltrano é o dador de ambas as amostras (a chamada falácia do condicional transposto).

Marcador	Perfil	Frequência
D8S1179	7-15	0.0021964
D21S11	29-30.2	0.0165225
D7S820	10-12	0.09404408
CSF1PO	11	0.08637721
D3S1358	11-18	0.00194292
TH01	9	0.03771364
D13S317	11	0.09012004
D16S539	12	0.09653449
D2S1338	17-18	0.04594808
D19S433	14-15.2	0.03190954
VWA	14-18	0.03367188
TPOX	8-11	0.27978564
D18S51	16-17	0.03480904
D5S818	11	0.11377129
FGA	21-22	0.05627
Total		5.78439E-22

TABELA 1. Frequência esperada de um perfil genético. Exemplo de cálculo: uma vez que os marcadores não estão associados, as frequências em cada marcador são independentes e o total pode ser obtido por simples multiplicação.

Não queria terminar sem fazer notar que uma análise mais séria da identificação genética em contexto (mesmo que apenas potencialmente) forense requereria, para além de um aprofundamento dos aspetos teóricos e tecnológicos aqui afluídos, uma abordagem ao papel pericial na investigação e na produção de prova, e aos sistemas judiciais (e a sua heterogeneidade, entre os extremos desde o modelo inquisitorial ao acusatório). Espero que tenha ficado claro que a análise de DNA continuará a ser a base indiscutível da identificação genética, particularmente com fins forenses, bem como no estabelecimento de parentescos biológicos, quaisquer que sejam os progressos técnicos que venham a ser desenvolvidos e aplicados e os problemas éticos e legais que acarretem.

Criptografia e Criptoanálise

António Machiavelo, Rogério Reis

CMUP/ Universidade do Porto

A Criptografia e a Criptoanálise são as duas faces da Criptologia, que é o estudo dos “códigos secretos” ou “cifras”. A Criptografia moderna usa técnicas matemáticas cada vez mais sofisticadas e desempenha um papel crucial em muitas atividades do nosso quotidiano, ao proteger dados confidenciais e pagamentos, assegurando a identificação de interlocutores e a integridade de dados.

Uma cifra consiste num procedimento que transforma um texto num outro, o **criptograma**, que se pretende ilegível para quem não possua um pedaço de informação (mantido secreto) a que se chama a **chave**. Essa transformação pode, por exemplo, substituir cada letra da mensagem original por outra letra, eventualmente de um outro alfabeto. Estas cifras de substituição são formadas por funções que fazem corresponder a cada carácter de um alfabeto um (outro) determinado carácter do mesmo (ou de outro) conjunto de símbolos. Assim podemos representar uma chave desta cifra como, por exemplo:

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z
e p o c a b i z r t v d f g h j k l m n q s u w x y

onde a primeira linha corresponde às letras da mensagem original e a segunda linha às que substituem cada uma dessas letras. Como o objetivo, para além de esconder o texto original, cifrando-o, é também que os destinatários, como sendo a chave, o possam decifrar, estas transformações têm que ser reversíveis, ou seja, injetivas. No caso de se usar o mesmo alfabeto para as mensagens e para os respetivos criptogramas, estas cifras são, portanto, bijetivas, ou seja, permutações desse alfabeto.

adamg ehmep afgaf mhgze fkqah mhgz h aqfeo hgmne gnace srcen ehohg olane acabr grceo hfhfq
 nleoh rmekq edkqa lohfh amnej acleo rgyag neafk qafam agnha camoe gmhoh fhamn alrpa rlfhe
 gmhaf malag hmmhp lamme dnhmo hfham namjr gzarl hmedn hmkqa afsal caahr lhmae irnef
 ohfha mneme samkq ailrn efafp apaca rlemc aeyqd egnhg rhiaç

Isto é um criptograma em que, para não ser demasiado fácil, se removeram acentos e os espaços entre as palavras. Consegue decifrá-lo?

Um ataque de “força bruta” a uma cifra de substituição envolve cerca de

$$26! = 403\,291\,461\,126\,605\,635\,584\,000 \approx 4 \times 10^{26}$$

tentativas, o que poderá dar a ideia de que esta cifra é seguríssima. É aqui que entra em campo a Criptanálise. Como observou o matemático árabe do séc. IX, al-Kindi, o facto de cada letra ser, ao longo de todo o texto, substituída sempre pelo mesmo símbolo, faz com que a frequência relativa de uma letra do texto original seja exatamente igual à frequência relativa do símbolo correspondente no criptograma. Esta observação permite um ataque devastador a este tipo de cifras. Basta construirmos a tabela de frequências relativas dos caracteres da língua do criptograma e orientamos a pesquisa da chave fazendo corresponder as frequências encontradas no criptograma com as frequências médias de cada carácter na língua original. Ainda que possam ocorrer algumas variações significativas entre a frequência dos caracteres no criptograma e a respetiva frequência média, em especial se o criptograma for pouco extenso, este método permite reduzir drasticamente o espaço de procura de chaves, tornando o ataque a este tipo de cifra relativamente fácil.

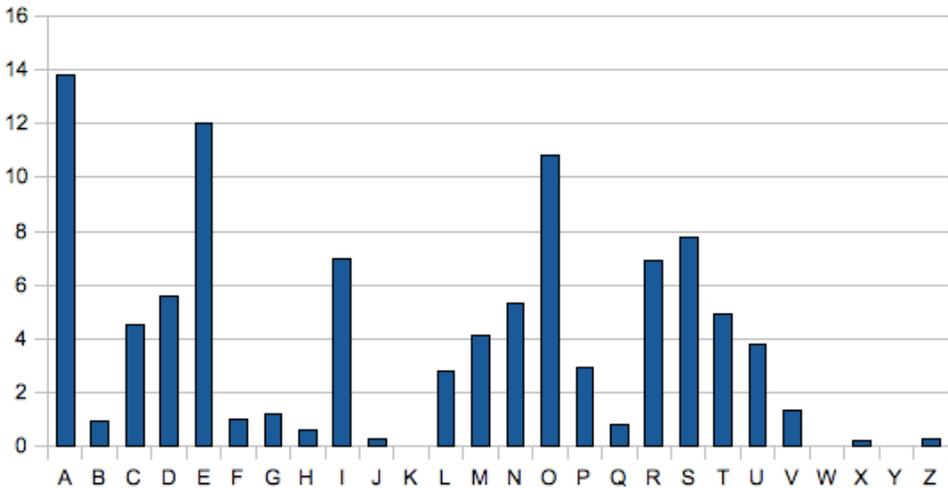


FIGURA 1. Percentagens do uso das letras na língua portuguesa.

Para dificultar ataques baseados no estudo das frequências, foram criados sistemas que não cifram sempre da mesma forma cada uma das letras do texto original. Um exemplo é a chamada cifra de Vigenère, que usa ciclicamente as cifras de uma sequência de cifras de substituição. Esta nova cifra, que foi entusiasticamente denominada *le chiffre indéchiffirable*, veio, apesar disso, a ser quebrada no séc. XIX por C. Babbage (1791-1871). A ideia é que o período da cifra, o tamanho da sequência de cifras de substituição usadas, pode ser facilmente determinado através de uma pesquisa de padrões que se repetem a distâncias que correspondem a múltiplos desse período, e é depois possível proceder a um ataque estatístico como acima descrito. Claro que estes ataques só são eficazes se os textos intersetados forem suficientemente longos.

Durante o séc. XX foram inventados vários dispositivos eletromecânicos implementando cifras mais sofisticadas. Talvez o mais famoso desses dispositivos seja a máquina Enigma, versões da qual foram usadas pelas tropas alemãs durante a segunda guerra mundial.



FIGURA 2. Máquina Enigma exposta no Museo Nazionale Scienza e Tecnologia Leonardo da Vinci, Milão.

Na cifra Enigma, a chave consiste no estado inicial da máquina, ou seja, a colocação e posicionamento de várias das suas componentes. Para decifrar uma mensagem cifrada numa máquina Enigma é necessário saber exatamente qual a configuração inicial da máquina que cifrou a mensagem. Usando ideias de várias áreas da matemática, nomeada-

mente Teoria de Grupos, que estuda, em particular, propriedades das permutações, alguns matemáticos “quintessencialmente puros”, habituados a “pensar em espaços abstratos multidimensionais”, conseguiu conceber métodos que foram múltiplas vezes bem sucedidos para encontrar as chaves usadas em certos dias por várias unidades militares alemãs.

Num mundo de comunicações digitais como o de hoje, onde são omnipresentes as transmissões de informação por ondas eletromagnéticas, não temos muitas vezes consciência do quanto dependemos de processos criptográficos. Quando se fala de Criptografia são as imagens de espões, de mensagens diplomáticas e grandes segredos militares que imediatamente nos ocorrem. Este foi realmente o seu papel durante alguns milhares de anos, mas na segunda metade do séc. XX, quando passou a ser um campo de estudo da Matemática, e as transmissões digitais se popularizaram, a Criptografia quebrou as fronteiras do seu nicho de aplicação e invadiu as nossas vidas. Das emissões de televisão e telemóveis, às máquinas multibanco, na multitude das utilizações da *internet*, a Criptografia está lá, não só para garantir a segurança de segredos quando é caso disso, mas também para identificar e garantir identidades de interlocutores, pagamentos e integridade da transmissão de mensagens, efetuando tarefas das mais simples às mais complexas. Podemos dizer que grande parte das soluções encontradas para transpor interações que damos como garantidas no “mundo físico” para o “mundo virtual”, onde os interlocutores não se encontram fisicamente no mesmo local, foram e são dadas pela Criptografia, que usa hoje cada vez mais ferramentas matemáticas no próprio desenho das cifras.

Copenhagen

Eduardo Lage

Universidade do Porto

A peça *Copenhagen* que, em 2003, a Seiva Trupe levou à cena no Teatro do Campo Alegre (Porto), trata de um assunto que, à primeira vista, pouco interesse despertaria na maioria dos espectadores. Contudo, o reconhecido êxito que a peça obteve deve-se tanto ao excelente desempenho dos três únicos atores como à qualidade do autor (Michael Fraym) que soube transformar um encontro de dois amigos, num dia de Setembro de 1941, numa Copenhaga ocupada pelos nazis, num drama onde se cruzam reminiscências da época gloriosa da fundação da teoria quântica (quase totalmente criada na capital dinamarquesa e que, por isso, é conhecida por *interpretação de Copenhaga*), com o próprio cenário de guerra, num ambiente de medo e hostilidade, mas conduzindo subtilmente o espectador a uma atitude de ambiguidade quanto à finalidade do encontro entre dois dos maiores físicos do séc. XX – o dinamarquês e judeu Niels Bohr (1885-1962) e o alemão Werner Heisenberg (1901-1976) – e onde a terceira personagem (Margaret, mulher de Bohr) não é mera espectadora, antes marcando a presença do senso comum (e, com ele, o espectador) no debate histórico.

Heisenberg e Bohr têm de ser considerados os criadores da Física Quântica, a mais completa e precisa teoria que temos dos fenómenos físicos, não obstante a estranheza dos seus conceitos que chocam o bom senso. Se o primeiro descobriu o formalismo e o princípio da incerteza, ao segundo devemos a sua interpretação e o princípio da complementaridade, obrigando-nos a conciliar verdades contraditórias. Amigos desde o seu encontro inicial, cedo se estabeleceu uma relação familiar, com Heisenberg a procurar os conselhos de Bohr não só para problemas científicos, mas também filosóficos, sociais ou políticos.

Como físicos nucleares, participam na teoria da fissão do núcleo de urânio, descoberta por Otto Hahn e interpretada por Lise Meitner, em finais de 1938, menos de um ano antes de se iniciar a II Guerra Mundial. Em Janeiro de 1939, Bohr compreende que é o U235 o núcleo físsil e, no mesmo mês, Fermi, já em Chicago, observa a Uhlenbeck que grande parte daquela cidade seria destruída se fosse possível explodir uma bomba baseada na fissão. Mas o U235 é uma pequeníssima fração do urânio natural, dificilmente separável do U238, duvidando-se que uma bomba pudesse ser construída. Contudo, em Março de 1940, num célebre memo-

rando para o Governo Britânico, Rudolf Peierls e Otto Frisch apresentam uma estimativa da massa crítica, que se viria a revelar quase dez vezes inferior à real, enquanto, no mesmo ano, Heisenberg calcula essa massa crítica obtendo um valor quase dez vezes superior à real! E em Dezembro de 1942, Fermi constrói a primeira pilha nuclear, demonstrando assim não só que era possível extrair energia, de forma controlada, da fissão do U235, como obtendo plutónio, um elemento químico diferente e, portanto, mais facilmente separável, o que seria conseguido, um pouco mais tarde, por Glenn Seaborg.



FIGURA 1. Werner Heisenberg e Niels Bohr, 1934.

É neste ambiente que Heisenberg visita Bohr. Que problemas quis Heisenberg discutir com Bohr naquele setembro de 1941, quando o exército nazi dominava a Europa continental? Pretenderia obter segredos dos avanços aliados na construção da bomba? Ou desejaria transmitir a informação que ele não a desenvolveria na Alemanha? As duas hipóteses poderão ser ambas verdadeiras porque, já no pós-guerra, Bohr recorda desse encontro a impressão da primeira hipótese, enquanto Heisenberg relembra a segunda, memórias complementares e mutuamente exclusivas. Da ambiguidade do encontro, duas certezas – a rutura da amizade e o desenvolvimento acelerado do projeto Manhattan que terminaria em Hiroshima e Nagasaki, alterando definitivamente o conceito de guerra. Mas a ambiguidade maior reside na responsabilidade moral do cientista quando descobre o poder terrível a que pode conduzir a investigação mais esotérica e desinteressada - parar ou continuar? A peça não dá resposta, porque não há resposta.

Poluição, um veneno silencioso para a saúde humana

Helena Ribeiro

DGAOT/ Universidade do Porto

A Poluição é indiscutivelmente um dos maiores perigos e desafios que o mundo enfrenta presentemente. A influência antropogénica, frequentemente desregulada, nas diferentes esferas do ambiente tais como o ar, solo ou água acarreta problemas graves para a saúde pública. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que fatores ambientais estão na origem de 23% das mortes globais (12–18% na Europa).

Torna-se assim necessário a conscientização da sociedade face à extensão deste problema e a adoção de uma atitude proativa, com alteração de hábitos e comportamentos, assim como implementação de regulamentação e políticas sustentáveis promotoras de um ambiente limpo e saudável que proporcione saúde e bem-estar.

O termo Poluição refere-se à contaminação do ambiente com qualquer matéria (poluente) que provoque desequilíbrios ou prejuízos ao equilíbrio ecológico da Terra ou afete a qualidade de vida dos seus habitantes. O incremento dos níveis de urbanização e industrialização decorrentes do desenvolvimento económico estimulam o consumo de recursos e produção de resíduos, que se não forem efetuados de forma sustentável, podem causar efeitos diretos a curto-prazo na saúde pública ou até mesmo causar danos complementares detetáveis apenas a médio ou longo-prazo.

Ao longo dos últimos anos, os resultados adversos da poluição ambiental na saúde humana e a magnitude dos seus impactos têm sido evidenciados em vários estudos de coorte. A poluição do ar, do solo e da água estão entre as principais questões ambientais que cau-

sam maior preocupação, estando a maior parte da população quotidianamente exposta a pelo menos uma destas formas de poluição.

Ar

A poluição do ar é considerada um dos maiores riscos ambientais para a saúde humana, particularmente nas áreas urbanas, contribuindo para o aumento de doenças e infeções respiratórias (asma, doença pulmonar obstrutiva crónica, pneumonia), doenças cardiovasculares, cancro do pulmão, AVCs.

Estima-se que está na origem de 4,2 milhões de mortes por ano em todo mundo, 400 mil mortes prematuras por ano na União Europeia (UE), resultando na diminuição da esperança de vida da população em 7,4 meses, sendo os mais afetados idosos, crianças, grávidas, portadores de doenças crónicas e os mais desfavorecidos socio-economicamente.

O ar que respiramos diariamente pode ser poluído por exemplo por partículas (PMs), fumo ou gases. Estes são considerados poluentes primários quando são emitidos diretamente para a atmosfera (e.g. CO, NO_x, SO_x, PMs, metano, amónia, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - PAH) ou poluentes secundários quando resultam de reações químicas envolvendo substâncias precursoras presentes no ar (e.g. formação de O₃ troposférico através da reação fotoquímica com o NO₂). A origem destes poluentes pode ser natural, por exemplo partículas provenientes da erosão do solo, ou antropogénica, por exemplo queima de combustíveis fósseis para produção de energia ou transporte. O ar é ainda fonte de contaminação do solo e água pela deposição dos poluentes nele presentes.

O último relatório publicado sobre a *Qualidade do Ar na Europa* mostra que esta tem vindo a melhorar significativamente, à semelhança do que acontece por exemplo nos EUA ou Austrália. No entanto a concentração no ar de alguns poluentes ainda excedem frequentemente os valores médios anuais estipulados de salvaguarda para a proteção da saúde humana, sendo frequente ouvirmos nas notícias alertas para estas excedências. Entre estes poluentes, a matéria particulada de pequenas dimensões em suspensão no ar, O₃, NO_x, CO₂ e recentemente alguns compostos orgânicos voláteis carcinogénicos são os que causam maior preocupação.

A matéria particulada em suspensão no ar com dimensão inferior a 10 e 2,5 micrómetros (PM10 e PM2,5) (FIGURA 1) é a mais prejudicial para a saúde humana pois consegue ultrapassar o sistema respiratório superior e penetrar nos pulmões, podendo as partículas de dimensão submicrónica entrar na circulação sanguínea provocando impactos a nível do sistema respiratório e cardiovascular.

Os níveis elevados de ozono troposférico e o NO₂ são relacionados com problemas de asma, bronquite, função pulmonar reduzida e infeções respiratórias induzindo elevadas taxas de morbilidade e morte prematura.

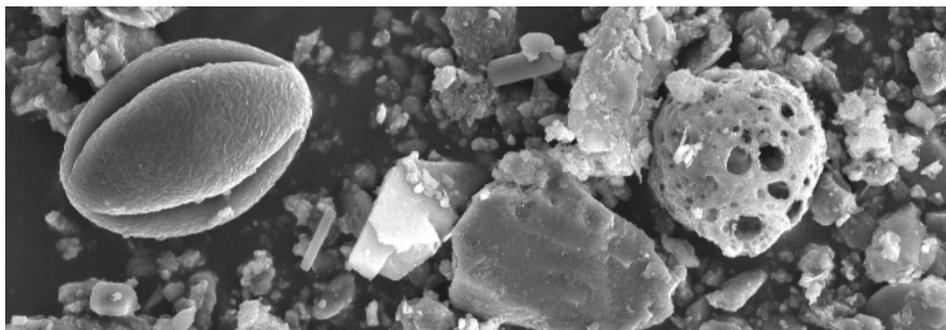


FIGURA 1. Matéria particulada presente na atmosfera, observada em microscopia eletrônica de varrimento (SEM).

Solo

O solo proporciona habitat, abrigo, alimento, nutrientes e atua também como importante filtro natural de contaminantes. No entanto a existência, deposição ou infiltração de contaminantes, tais como metais pesados, produtos químicos ou microorganismos patogênicos, em concentrações mais elevadas que as normais representam um risco significativo para a saúde humana e restantes seres vivos. Apesar dos esforços recentes, o impacto da poluição do solo na saúde humana, nomeadamente os efeitos a médio e longo-prazo da exposição aos poluentes, não se encontra bem documentado, sendo ainda um fenómeno marginalmente entendido com várias incertezas associadas.

A principal fonte de contaminação do solo é antropogénica decorrente da deposição inadequada (acidental ou premeditada) de substâncias ou subprodutos tóxicos e resíduos resultantes da atividade industrial, exploração mineira, expansão urbana, derramamentos ou uso de armas. A agricultura intensiva (FIGURA 2) e utilização de más práticas culturais é também uma das principais atividades contaminantes do solo pelo uso excessivo de agroquímicos, pela irrigação com águas residuais não tratadas ou pelo uso de corretivos do solo de origem animal. Estas ações incorporam no solo concentrações elevadas de elementos tóxicos que quando excedem a sua capacidade filtrante, perturbam o equilíbrio do solo e afeta a capacidade de cumprir a sua função.

A exposição do ser humano a estes poluentes pode dar-se pela ingestão de solo contaminado ou contaminação secundária dos lençóis freáticos. Acontece também através da cadeia alimentar pelo consumo de fruta, vegetais e carne uma vez que as raízes das plantas absorvem e acumulam nos seus órgãos os contaminantes que irão servir de alimento para humanos e animais para consumo humano. Tendo em conta que cerca de 98% da quantidade média de calorias ingeridas *per capita* mundialmente é proveniente de cultivo diretamente no solo ou dependem indiretamente do solo esta é possivelmente uma das vias mais silenciosas de exposição recorrente.



FIGURA 2. Influência das atividades agrícolas no solo e água.

Entre os poluentes do solo com maior impacto na saúde humana encontram-se os metais pesados (arsênio, chumbo, cádmio, mercúrio), poluentes químicos orgânicos persistentes como os PCBs (bifenilos policlorados) e PAHs e alguns poluentes emergentes com importância crescente como produtos farmacêuticos, desreguladores endócrinos, patógenos multirresistentes e microplásticos.

Os metais pesados apesar de serem elementos que se encontram naturalmente presentes no solo, podem ser incorporados através de diversas atividades antropogênicas tais como a agricultura, fundição, exploração mineira, incineração de resíduos e mais recentemente deposição de lixo eletrônico e informático. Estes elementos quando ingeridos e absorvidos continuamente ou em concentrações tóxicas podem induzir problemas gastrointestinais (As, Hg), cardiovasculares (As, Hg), hepáticos (As, Cd, Pb, Hg), neurológicos (As, Pb, Hg), ósseos (As, Cd, Pb) e de pele (As) uma vez que não são excretados, sendo acumulados nos tecidos e órgãos. Os poluentes químicos orgânicos persistentes, os poluentes emergentes e patógenos são também alguns dos contaminantes mais importantes da água.

Água

Em média 60% do organismo humano adulto é constituído por água sendo o seu consumo uma necessidade vital. Assim, qualquer mudança adversa na composição e condição da água que diminua a sua qualidade acarreta graves problemas para a saúde humana. De acordo com a OMS, a poluição da água é responsável por cerca de dois milhões de mortes

em todo o mundo, sendo um dos principais vetores de transmissão de diversas doenças como a cólera, malária, poliomielite, responsável por infeções gastrointestinais e da pele, problemas neurológicos, ósseos e do sistema reprodutivo, cancro entre outras.

A poluição, direta ou indireta, de lagos, rios, oceanos, aquíferos e água subterrânea pela infiltração de contaminantes ou sua descarga sem tratamento adequado para remoção das substâncias nocivas tem sido documentada por todo o mundo, na Europa inclusive apesar de todos os esforços levados a cabo com a implementação das diretivas *Diretiva-Quadro da Água* (Diretiva 2000/60/CE) e *Diretiva das Substâncias Prioritárias* (Diretiva 2013/39/EU). Esta situação torna-se mais problemática particularmente nos países com menor rendimento *per capita*.

Os principais contributos para a poluição da água são lixiviados de fertilizantes e águas residuais de origem agrícola, diferentes tipos de efluentes (industriais, domésticos, radioativos), centrais de tratamento de águas e resíduos, derrames decorrentes da exploração petrolífera e exploração mineira, transporte marítimo e fluvial e aquacultura.

Os metais pesados, poluentes orgânicos e sintéticos persistentes, produtos farmacêuticos, desreguladores endócrinos, patógenos multirresistentes e microplásticos encontram-se listados como os principais contaminantes da água.

Os poluentes de origem orgânica e sintética, ocupam presentemente um lugar de destaque. Contaminantes como PCBs, PAHs, compostos organoclorados e organobrometos sofrem bioacumulação ao longo da cadeia alimentar podendo atingir níveis elevados de toxicidade quando finalmente entram em contacto com o ser humano. Estes compostos podem afetar o sistema imunitário humano debilitando-o, potenciar diminuição na fertilidade e influenciar o sistema nervoso e hepático. Alguns deles são considerados carcinogénicos como os PAHs ou os compostos organoclorados como por exemplo as dioxinas que são acumuladas nos tecidos adiposos de alguns peixes.

Alguns contaminantes emergentes como fármacos, pesticidas, antibióticos, hormonas, produtos de higiene humana, produtos de limpeza são frequentemente encontrados na água mesmo após esta passar por processos convencionais de tratamento (águas residuais e para consumo). Estes poluentes apresentam propriedades desreguladoras endócrinas com efeitos a longo prazo na capacidade cognitiva e sistema reprodutivo, induzem stress oxidativo a nível celular com formação de espécies reativas de oxigénio e alterações na permeabilidade da membrana celular. Adicionalmente, os microplásticos são um tipo de poluente emergente que tem a capacidade de absorver poluentes orgânicos e estudos recentes de toxicidade apontam para a possível contaminação humana através da ingestão de alimentos contaminados tais como peixe e moluscos.

A escrita manual a desvendar mistérios

Maria João Branco, Sara Santos

LEDEM/ Universidade do Porto

A escrita manual é uma competência biológica, extremamente complexa, que é dotada de variação e é inerente a cada indivíduo. Por ser altamente personalizada, a escrita pode ser utilizada, à semelhança do DNA e das impressões digitais, como característica forense identificadora. O caso dos *Diários de Hitler*, descrito neste artigo, ilustra a importância do perito em assegurar que os requisitos dos exames periciais sejam cumpridos, de forma a estabelecer corretamente a identidade ou exclusão gráfica de um determinado indivíduo como autor de uma escrita.

Do ponto de vista biológico a escrita é uma competência neuro-motora muito complexa, que envolve vários mecanismos cerebrais e a intervenção de vários sistemas, como o nervoso e o muscular. A mão humana contém vinte e sete ossos que são controlados por 40 músculos, que se entrecruzam num sistema de tendões e nervos, dependentes das instruções emitidas pelo cérebro.

Além disso, a escrita é uma competência humana não inata, automática e personalizada, resultante de um complexo processo de aprendizagem, treino e incorporação de características pessoais. E são estas características pessoais que estão na base da identificação gráfica.

A identificação gráfica é um processo discriminatório forense que resulta da comparação dos hábitos gráficos a analisar e da avaliação do significado das semelhanças e diferenças resultantes dessa comparação. Este conceito é totalmente distinto da grafologia, que é uma área que atribui traços de personalidade através da escrita do indivíduo, mas não o identifica.

Da mesma forma que não existem duas impressões digitais iguais também não existem duas escritas iguais. Este facto permitiu que a escrita fosse extensivamente utilizada, de-

signadamente pela aposição de assinaturas, em documentos com valor contratual e em documentos de identificação. Este valor discriminatório e vinculativo da escrita tornou-a alvo de tentativas de falsificação.

E é quando ocorrem as falsificações que são necessários os exames forenses de escrita manual, que à semelhança de muitas disciplinas forenses, se baseiam no método comparativo. Onde se comparam as características, de ordem geral e de pormenor, presentes na escrita contestada com essas mesmas características apostas na escrita genuína de comparação.

As características de ordem geral referem-se ao aspeto pictórico da escrita e incluem a avaliação da fluência e velocidade de escrita, grau de evolução, dimensão absoluta e relativa de escrita, grau de inclinação, entre outros. As características de pormenor referem-se à forma e génese das letras, conexões, algarismos e restantes elementos gráficos. A génese compreende o estudo da realização dos traços que constituem os elementos gráficos, seja pela avaliação da direção dos traços ou pelos levantamentos de pena que existem, enquanto que a forma se refere ao aspeto que as letras e algarismos apresentam.

São vários os princípios que sustentam os exames forenses de escrita manual, designadamente:

1. Não há duas pessoas que escrevam da mesma forma.
2. O mesmo indivíduo não consegue produzir escrita da mesma forma duas vezes.

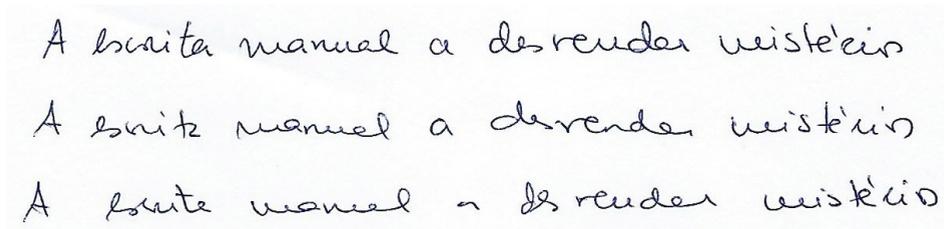


FIGURA 1. Amostra de escrita, composta pela repetição da mesma frase, produzida no mesmo momento, com o mesmo instrumento gráfico.

3. O facto de uma característica se apresentar como evidência de identidade ou não identidade, está relacionada com o facto de essa característica ser rara, da velocidade com que é executada e da semelhança ou diferença que esta apresenta relativamente à escrita de comparação.

4. É impossível imitar todas as características de uma escrita mantendo a fluência e perícia do autor da escrita a imitar.

5. A identificação da autoria de uma escrita imitada é de difícil resolução, uma vez que no processo de imitação o falsificador procura assumir os hábitos gráficos de outra pessoa, camuflando os seus próprios hábitos gráficos.

No entanto, para a identificação gráfica ser possível, existem vários requisitos nos exa-

mes periciais que, se não forem devidamente cumpridos, podem impedir essa identificação ou até mesmo conduzir a resultados erróneos. O caso prático que irá ser apresentado é um exemplo disso.

Os Diários de Hitler e o papel do perito em escrita manual

O caso remonta a 1983, ano em que a revista *Stern* noticia erradamente a descoberta de mais de 60 diários escritos por Adolf Hitler, entre 1932 e 1945, e publica excertos desses diários, conduzindo ao que foi considerado o maior fracasso da imprensa alemã no jornalismo do pós-guerra. Até então, em toda a literatura sobre a Alemanha nazi, não existia qualquer indício de que Hitler produzira tais anotações, até porque se especula que terá sofrido da doença de Parkinson, optando por ditar os seus textos em vez de os escrever denotando tremor.

A descoberta da fraude veio pouco tempo depois, tendo sido comunicada pela Agência Federal de Investigações (BKA) e pelo Instituto Federal de Pesquisa e Teste de Materiais, que revelaram existir várias incongruências, ao nível do suporte e do conteúdo dos diários. Baseado na examinação de uma amostra de 7 volumes, o Laboratório de Documentos da Universidade de Mannheim revelou, por análise química, que o papel utilizado foi fabricado depois de 1950, que os selos eram recentes, entre outras evidências.

Apesar das incoerências no suporte, que por si só, constituíam uma falsificação, prosseguiram para o exame comparativo de escrita das assinaturas e de excertos do texto. Desse exame, verificaram que, apesar da escrita em causa ser produzida de forma fluente e apresentar semelhanças na dimensão absoluta de escrita, era possível encontrar várias diferenças relativamente a outras características de ordem geral e a características de pormenor, diferenças essas que permitam concluir, com um elevado nível de certeza, que a escrita aposta nos diários tinha sido falsificada.



FIGURA 2. Amostra de material utilizado no exame comparativo. Do lado esquerdo, escrita de assinaturas genuínas, datada de 1936. Do lado direito, escrita de uma assinatura falsificada, num presumível "Diário" de 1935.

Então, o que terá acontecido para a fraude só ter sido descoberta após a publicação dos diários?

Previamente à publicação dos excertos, a pedido de um responsável pela revista *Stern*, a escrita foi analisada por três peritos em escrita manual, de nacionalidades americana, alemã e suíça, que, apesar da vasta experiência na área cometeram “erros de principiante”, resultantes sobretudo dos baixos padrões de exigência relativos à qualidade e quantidade do material contestado disponível e à proveniência do material genuíno de comparação.

Desses erros destacam-se, entre outros, o aceitar a pouca escrita enviada para análise (apenas uma página em vez de 7 volumes exigidos pelo Laboratório de Documentos da Universidade de Mannheim), analisar a escrita em causa em fotocópia, em vez do original (perito suíço), não considerar o estado de saúde de Hitler na altura da produção da escrita ou desconhecer o antigo sistema de escrita alemão (perito americano).

Para além disso, dois dos peritos incluíram escrita falsificada nos elementos genuínos de comparação, não detetando a incoerência existente entre essa escrita, justificando as diferenças encontradas com o facto da escrita derivar de diferentes períodos temporais.

O mistério dos *Diários de Hitler* desvendou-se assim como um importante alerta para os peritos em escrita manual e como “a mãe de todas as *fake news*” para a imprensa alemã.

Falsificação de obras de arte

Maria João Melo, Vanessa Otero

LAQV-Requimte/ IEM/ DCR/ Universidade NOVA de Lisboa

Raros deverão ser os museus no mundo, que não incluam nas suas coleções alguma obra falsa. Por vezes as burlas são de muitos milhões de euros, sendo as obras retiradas discretamente para as reservas. Outras vezes, o público toma conhecimento, e certos falsários tornam-se famosos, pelos piores motivos, mas ainda assim, ficam sob as luzes da ribalta. Um destes falsificadores é Wolfgang Beltracchi, preso em 2011 com uma pena de 6 anos, depois de décadas a criar e vender “falsificações originais” de pintores como Max Ernst e Fernand Léger, no valor de milhões de euros; enganou historiadores de arte, museus e conceituadas leiloeiras como a Christie’s. Em termos de impacto na economia mundial, os crimes de falsificação e tráfico de bens culturais encontram-se no segundo ou terceiro lugar em volume de negócio (em economia paralela); segundo a Interpol estão associados a crimes de branqueamento de capitais provenientes do comércio de armas e tráfico de drogas, simultaneamente financiando atividades terroristas.

Em Portugal, Amadeo de Souza-Cardoso, é um dos artistas mais falsificados; e com ele veremos como pode a Ciência detetar falsos, separando assim o “trigo do joio”. Nascido em Amarante em 1887, faleceu com apenas 30 anos, vítima da gripe pneumónica. Amadeo foi um virtuoso visionário que lançou a sua carreira entre os melhores dos melhores artistas a nível mundial, a partir de Paris. Algumas das suas mais importantes obras foram integradas na coleção do Museu Calouste Gulbenkian, estando ainda presente no Museu Nacional de Arte Contemporânea do Chiado, no Museu Nacional Soares dos Reis e no Museu Municipal Amadeo de Souza-Cardoso (Amarante). Existem ainda muitas obras em acervos particulares. O Catálogo Raisonné dedicado à Pintura, coordenado por Helena de Freitas, teve a sua primeira edição em 2008 mas, entretanto, outras obras têm vindo a público. Nessas, algumas poderão ter sido pintadas pela mão de Amadeo, outras não. A bela história de vida que foi a de Amadeo foi recentemente narrada no documentário *Amadeo de Souza-Cardoso: O último segredo da arte moderna*, de Christophe Fonseca.



FIGURA 1. Os crimes de falsificação e tráfico de bens culturais encontram-se no segundo ou terceiro lugar em volume de negócio, em economia paralela, estando associados a branqueamento de capitais provenientes do comércio de armas e tráfico de drogas.

A ciência em busca de falsos: CSI-Obras de Arte

Como desvenda a Ciência quais são os falsos Amadeo? Com base em factos, certamente, factos que são o fruto de uma investigação aprofundada aos materiais e técnicas de Amadeo, que estuda como o artista construiu a cor da sua pintura bem como as tintas a óleo que usou. Para quem conhece a série CSI (*Crime Scene Investigation*), diríamos que somos o CSI-Obras de Arte de Amadeo, ainda que um pouco mais lentos a dar uma resposta. Com equipamento sofisticado entramos de mansinho no atelier do artista, falamos com ele através das suas obras, desvendamos o seu talento, a sua vontade de escolher os melhores materiais, mas também os seus pequenos truques. Uma primeira triagem e mapeamento dos possíveis colorantes existentes numa obra é-nos dada pela análise elementar por micro-espectrometria de fluorescência de raios-X. A sua caracterização molecular exata é obtida, diretamente sob a obra, usando a micro-espectroscopia de Raman e a análise de uma micro-amostra ($\approx 50 \mu\text{m}$) por micro-espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier revela-nos a formulação completa da tinta incluindo o colorante, o ligante e aditivos, bem como o seu estado de conservação.



FIGURA 2. CSI-Obras de Arte em ação, estudando Amadeo de Souza-Cardoso no Museu Calouste Gulbenkian.

Zoom no molecular: a eternidade de uma tinta nas mãos de um químico

Amadeo faleceu em 1918, no final da Primeira Guerra Mundial, tendo utilizado uma paleta moderna feita de cores vibrantes, criadas no séc. XIX pela química francesa. Entre as duas guerras mundiais surgiram importantes colorantes sintéticos, que não poderiam ter sido usados por Amadeo, como por exemplo o azul de ftalocianina, o violeta de dioxazina e o branco de titânio. Assim, sempre que encontramos zonas extensas, numa obra, ocupadas por pigmentos que foram comercializados depois da morte de Amadeo, a peritagem pode afirmar com segurança que é um falso.



FIGURA 3. Pormenores dos amarelos de Amadeo e foto de um tubo de inícios do séc. XX de amarelo de cromo, da reputada firma de materiais para artista *Winsor & Newton*.

Temos também estudado obras que foram produzidas com pigmentos existentes na época de Amadeo, mas onde não encontramos a técnica do artista, a sua forma de imaginar um quadro e de construir a cor. Nestas situações é difícil dizer com rigor que é um falso. Por isso, foi necessário saber mais sobre as formulações de pigmentos usados na época de Amadeo, como o omnipresente amarelo de cromo. Este pigmento amarelo, encontrado inalterado nas pinturas de Amadeo, é o mesmo pigmento cuja degradação transformou irreversivelmente os girassóis de Vincent van Gogh, agora acastanhados. Durante todo o séc. XX foi possível comprar amarelo de cromo, em pó ou em tinta, mas uma formulação de tinta de inícios do séc. XX é muitíssimo diferente de uma dos anos 70, 80 ou 90. Poucos o sabem e menor, ainda, será o número dos que conseguirão reproduzir uma formulação original de amarelo de cromo como a usada por Amadeo. A nossa equipa sabe não só caracterizar estas formulações como trazer de novo para o laboratório do séc. XXI o saber fazer de fábricas de materiais para artista do séc. XIX, como a *Winsor & Newton (W&N)*. Uma firma que se orgulhava de desenvolver materiais de altíssima qualidade e que a nossa investigação provou ter Amadeo usado. Estamos, pois, preparados para colocar este conhecimento, que aborda a complexidade de uma tinta para artista, ao serviço de Amadeo e da sua obra. Contribuindo assim, para detetar falsos Amadeo, com grande rigor e conhecimento na vanguarda do estado da arte.

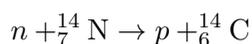
Fraudes e falsificações na Arte e Arqueologia desmascaradas pela datação por Carbono 14

Pedro A. Fernandes

DQB/ Universidade do Porto

A datação por Carbono 14 (^{14}C), também conhecida por “datação por radiocarbono”, consiste num método de datação de objetos contendo material orgânico através das propriedades de um dos isótopos do carbono, o ^{14}C . O carbono ocorre naturalmente sob três formas isotópicas, o ^{12}C , que é estável e é o mais abundante (99%), o ^{13}C , que é estável e existe numa pequena quantidade (1%), e o ^{14}C , radioativo, que existe em quantidade residual (10^{-10} %).

O ^{14}C é formado na troposfera e estratosfera, através da reação de neutrões com o azoto (isótopo ^{14}N), neutrões esses que são formados pelos raios cósmicos que atravessam a atmosfera:



onde n representa um neutrão e p um prótão. Após a sua formação, o ^{14}C reage com o oxigénio atmosférico, formando $^{14}\text{CO}_2$, que se espalha pela atmosfera e pelos oceanos. As plantas absorvem o CO_2 através da fotossíntese, os animais comem as plantas, e assim sucessivamente, e dessa forma o ^{14}C se espalha por toda a biosfera.

No entanto, o ^{14}C não é estável, decaindo lenta mas espontaneamente para ^{14}N , através da reação:



onde e^- representa um eletrão e $\bar{\nu}_e$ um antineutrino de eletrão. Este processo contínuo de transformação de ^{14}N em ^{14}C e decaimento de ^{14}C novamente em ^{14}N gera um equilíbrio no qual a concentração de ^{14}C se torna constante (embora fatores externos afetem este equilíbrio, tal como se verá adiante).

Quando um organismo morre, deixa de assimilar o ^{14}C do meio ambiente, porque já não realiza fotossíntese, ou porque já não se alimenta. Assim sendo, o ^{14}C que incorporou vai desaparecendo continuamente, transformando-se em ^{14}N , sem ser repostos. Quanto mais tempo passar após a morte do organismo, menos ^{14}C ele terá, e essa é a base da datação por ^{14}C .

O decaimento do ^{14}C em ^{14}N é muito lento. O tempo de semivida do ^{14}C (o tempo necessário para que a sua concentração se reduza a metade) é de cerca de 5730 anos. Isso significa que 5730 anos após a morte do organismo a concentração de ^{14}C será 1/2 da concentração inicial; após 11460 anos será 1/4; após 17190 anos será 1/8; e por aí adiante. Ao fim de 50 mil anos a quantidade de ^{14}C é apenas de cerca de 0,2 % da quantidade natural. Sendo que a quantidade natural de ^{14}C é já por si extremamente baixa, torna-se difícil datar amostras com idade muito para além de 50 mil anos.

Este modelo simplificado assume que a concentração de ^{14}C se manteve constante ao longo dos tempos, o que não é inteiramente correto, devido a fatores externos, tais como a libertação de carbono provindo da queima de combustíveis fósseis, que quase não têm ^{14}C devido ao vasto tempo durante o qual os combustíveis estiveram armazenados geologicamente, consequentemente reduzindo a sua fração de ^{14}C ; aos testes nucleares não subterráneos, realizados entre 1955 e 1963, que produziram bastante ^{14}C na atmosfera devido à grande quantidade de neutrões libertada nas explosões nucleares; às flutuações na intensidade dos raios cósmicos, e no campo magnético da terra, que afetam a quantidade de neutrões na atmosfera e consequentemente a formação de ^{14}C a partir de ^{14}N , entre outros efeitos. Vários métodos foram desenvolvidos para tomar em consideração as variações de ^{14}C ao longo dos tempos, e determinar a concentração real de ^{14}C em épocas passadas. Um dos mais eficazes baseia-se na análise de ^{14}C nos sucessivos anéis do tronco de árvores muito antigas; uma vez se forma um anel por ano, e cada anel, aquando formado, incorpora

o ^{14}C que existia de facto na época em que foi formado, cada anel fornece um testemunho sobre a fração de ^{14}C existente no ano da sua formação. Este e outros métodos permitem obter datações denominadas como “calibradas”, bastante mais rigorosas.

Para além destas e de outras incertezas “técnicas”, há ainda incertezas contextuais. Por exemplo, uma estatueta de madeira pode ser datada como sendo do séc. XI, mas pode de facto ter sido esculpida no séc. XV, por exemplo, aproveitando traves de madeira de uma casa antiga construída com árvores cortadas no séc. XI. As incertezas contextuais podem ser reduzidas através do conhecimento histórico, uma vez que o estilo de escultura usado nas duas datas era bastante diferente.

Tendo consciência de todas estas limitações, o impacto e a importância da datação por ^{14}C é tão grande que ela deu origem a uma verdadeira revolução na datação, com especial impacto na arqueologia. Neste contexto, é natural usar a datação por ^{14}C para clarificar não só dúvidas históricas como também para identificar falsificações intencionais.

Uma das áreas onde a falsificação é recorrente e lucrativa é a pintura. Para se ter ideia da dimensão do problema pode-se citar o caso catastrófico do museu de Etienne Terrus, no sul de França, que descobriu no ano transato que cerca de 60% das obras da sua coleção de pintura eram falsificações! Outro caso recente, e dramático, consistiu na exposição que decorreu no Palácio Ducal de Génova, também em 2018, dedicada a Modigliani, e sob a qual se concluiu que (pelo menos) 20 dos 21 quadros expostos eram falsos! Sendo que as vendas no mercado da arte (do qual a pintura é um componente muito importante) atingiram 67 mil milhões de euros em 2018, é fácil de entender a gravidade do problema.

A análise por ^{14}C pode muitas vezes identificar falsificações, através da datação da tela e dos materiais que compõem a tinta (em especial a resina). A tela é simples de analisar. Sendo composta de material orgânico (tal como linho ou algodão), a idade da tela revela a data em que o material foi colhido, e deve anteceder a data registada na pintura. No caso de a pintura ser feita sob painel de madeira a datação do painel também é trivial. Se a tela ou painel forem posteriores à data registada na pintura estaremos perante uma falsificação. No entanto, muitos falsificadores famosos, tal como o infame Han Van Meegeren (1889-1947), que se especializou em executar falsificações de obras de Vermeer, ou o tristemente célebre Wolfgang Beltracchi (1951-), que terá falsificado mais de 50 pintores famosos (e lucrado milhões de euros com a venda de quadros falsos), tinham por método comprar quadros antigos sem grande valor e reutilizar as telas antigas para conferir um ar de genuinidade às falsificações. Nestes casos, a data da tela pode anteceder a data da pintura, o que, por si só, não permite identificar uma falsificação.

O passo seguinte consiste na muito mais conclusiva análise dos componentes orgânicos da tinta. Tal não era viável até há pouco tempo devido à quantidade de material necessário para a determinação (gramas de tinta), cuja recolha não podia ser feita sem danificar a pintura. No entanto, com o advento de modernos métodos analíticos (para os quais a es-

pectrometria por aceleração de massa contribuiu grandemente) a quantidade de carbono necessária para análise tem vindo a diminuir drasticamente e, nos nossos dias, é viável realizar a análise com apenas alguns micrograma de tinta, possível de extrair sem danificar a obra. Se os componentes orgânicos da tinta forem posteriores, ou muito anteriores, à data presumida do quadro, estará descoberta uma falsificação.



FIGURA 1. A) O quadro de Sarah Honn, datado de 1866. A região de onde foi retirada a amostra de tinta está marcada a azul. B) A amostra de tinta usada na análise (160 micrograma). (Reproduzido de Laura Hendriks *et al.* PNAS 2019; 116:27:13210-13214).

Uma aplicação desta técnica foi recentemente levada a cabo para estudar um quadro assinado por “Sarah Honn” e datado de 5 de maio de 1866 (FIGURA 1). O quadro era de facto atribuído ao falsificador Robert Trotter (1952-), que inclusivamente terá admitido ter vendido já 52 falsificações. Foi recolhida uma minúscula amostra de tinta com a massa de 160 micrograma, e datada por análise de ^{14}C .

A amostra apresentava níveis de ^{14}C largamente superiores aos valores padrão presentes na atmosfera, claramente indicativos do período em que decorreram testes nucleares não subterrâneos, e que levaram à formação de imenso ^{14}C . A quantidade de ^{14}C permitiu atribuir à tinta uma datação de 1958-1961 ou de 1983-1989. A dupla datação deriva do facto de a quantidade de ^{14}C ter começado a subir em 1955, atingido um pico em 1963, e decaído de aí e em diante, devido à redução e eliminação de testes nucleares a céu aberto. O valor de ^{14}C encontrado enquadrava-se bem num troço da curva ascendente da quantidade de ^{14}C (1958-1961) e também num troço da curva descendente (1983-1989). Qualquer das duas hipóteses comprova que o quadro é uma falsificação da 2ª metade do séc. XX. De facto, o próprio falsificador terá confessado ter pintado o quadro em 1985, o que comprova a validade da datação por ^{14}C .

Um outro caso de fraude, agora na arqueologia, foi também desmascarado pela datação por ^{14}C . No séc. XIX tinha lugar uma intensa discussão científica sobre a data de chegada do *Homo sapiens* ao continente americano. Em 1864 Édouard Lartet descobriu uma representação de um mamute gravada num dente de mamute em La Madeleine (França), um testemunho extraordinário da convivência do *Homo sapiens* com um mamífero do Pleisto-

ceno já extinto. A descoberta gerou uma intensa atividade arqueológica nos Estados Unidos da América, no sentido de descobrir evidências de um ancestral humano pleistocénico no continente. Foi neste contexto que o “pendente da azinheira” emergiu fantásticamente em 1889. Reza a história que este pendente, feito de concha e com um mamute ou mastodonte gravado, teria sido descoberto (também) em 1864, no Delaware. O descobridor do pendente, Hilborn T. Cresson, um assistente de arqueologia que trabalhava no museu Peaborne da Universidade de Harvard, enfatizou que a sua descoberta teria uma importância comparável à do desenho do mamute gravado em osso de mamute descoberto em La Madeleine.

Infelizmente Cresson era um indivíduo pouco recomendável, que tinha uma história conhecida de furto de antiguidades. Na sua carta de suicídio, em 1894, Cresson declarou que suspeitava ser perseguido pela polícia americana por causa das suas falsificações de dinheiro, algo que abona pouco a favor da genuinidade do pendente da azinheira! Talvez por estes motivos, e pela explicação duvidosa dada por Cresson sobre o contexto da descoberta do artefacto, o pendente da azinheira passou largamente ignorado durante quase um século, até reemergir na capa da prestigiada revista científica *Science* em 1977, para contextualizar um artigo científico em que se argumentava que o pendente seria um artefacto do Pleistoceno tardio, ou talvez do período interglacial (ou seja, teria mais de 40 mil anos de idade), e que testemunharia a interação do *Homo sapiens* com o mamute lanoso no continente americano.

Diversos cientistas duvidaram da autenticidade do pendente da azinheira. Para além do historial muitíssimo pouco recomendável do descobridor, um dos fatores que geravam mais desconfiança era a semelhança do desenho encontrado no pendente da azinheira e no osso encontrado em La Madeleine (FIGURA 3). Provavelmente por estar consciente desse facto, Cresson tinha declarado ter achado o pendente em 1864, altura em que o primeiro esboço rudimentar do desenho de mamute encontrado em La Madeleine ainda não tinha sido publicado (só o foi em 1869).

Para resolver o dilema recorreu-se mais uma vez à datação por ^{14}C . O objetivo foi datar a concha onde a gravura do pendente da azinheira foi inscrita. Para o pendente ser autêntico, seria condição necessária (mas não suficiente) que a concha tivesse uma idade de, pelo menos, 10500 anos (aproximadamente), pois esta é a época em que se acredita que os mamutes lanosos teriam sido extintos no continente americano. Ainda assim, Cresson poderia ter encontrado uma concha num depósito pleistocénico e nela gravado a imagem, tal como faziam os falsificadores de quadros com as suas telas.

Uma amostra da concha com 0,3 grama foi retirada em 1986. O resultado foi absolutamente revelador: a concha datava do ano 885 (com uma incerteza de ± 125 anos). Perante este resultado não restaram dúvidas que se tratava de uma falsificação de Cresson, em linha com outras falsificações e furtos que terá levado a cabo durante a sua vida.

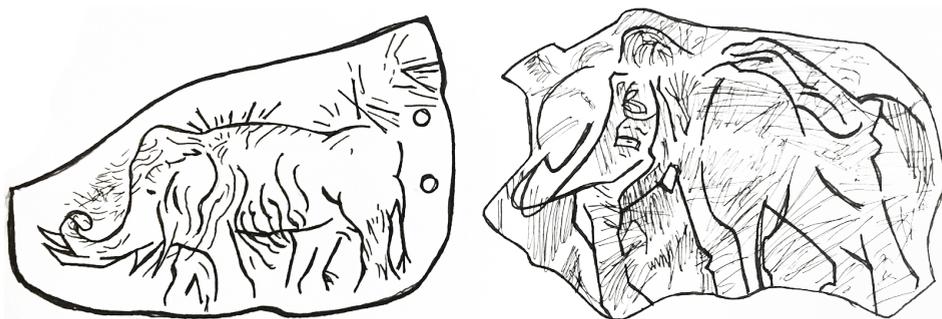


FIGURA 3. Desenho esquemático da gravação encontrada no pendente da azinheira (esquerda) e no osso descoberto em La Madeleine (direita). A semelhança entre as duas gravuras é evidente. Desenhos da autoria de Philipa Brebner, inspirados nas reproduções de W. C. Sturtevant e J. R Lewis (esquerda) e de Patrick Paillet ©MNHN-Patrick Paillet (direita).

É curioso reparar que Cresson teve o cuidado de procurar uma concha num depósito arqueológico, embora não suficientemente antigo; não usou uma concha moderna. No entanto, ele não previra que as técnicas de datação por ^{14}C iriam no futuro desmascarar a sua fraude.

Em conclusão, a datação por ^{14}C tem auxiliado a arte e a arqueologia a desmascarar diversificadas fraudes e a levantar muitas questões. Inúmeros exemplos poderiam ser citados, tais como a caveira de Calaveras (datada como sendo do sec. XI, e não do Pleistoceno como tinha sido anunciado), ou o Santo Sudário de Turim (datado como sendo do séc. XIV e não do sec. I). No entanto, a datação por ^{14}C também contribuiu para comprovar a autenticidade de inúmeros objetos históricos de valor incalculável, tais como os manuscritos do Mar Morto (datados como sendo do intervalo que vai desde o séc. IV a.C. ao séc. I A.D, dependendo do manuscrito em questão) ou vários evangelhos apócrifos, tal como o Evangelho de Judas (recentemente datado como sendo do sec. III A.D.). A datação por ^{14}C é uma ferramenta poderosíssima para datar objetos históricos, para validar teorias, para criar conhecimento que seria inacessível sem esta técnica, e essa é a sua função principal. No entanto, ela também serve para repor a verdade e os factos históricos quando pessoas desonestas os tentam manipular.

Reconhecimento facial

Verónica Orvalho

IT/ Universidade do Porto

Hoje em dia fala-se muito de reconhecimento facial sendo esta tecnologia conotada, pelo público em geral, como já utilizada em diversos campos incluindo o das Ciências Forenses. Na realidade, o que vulgarmente se denomina por Reconhecimento Facial é simplesmente uma tecnologia capaz de identificar uma pessoa a partir de uma imagem digital ou de um vídeo.

De um modo geral, os métodos de reconhecimento facial funcionam comparando as características faciais selecionadas de uma determinada imagem com os rostos existentes num banco de dados. Embora a exatidão do sistema de reconhecimento facial, como tecnologia biométrica (biometria tem origem nas palavras gregas *bios* (vida) e *metrikos* (medida)), seja inferior ao reconhecimento de íris oculares e de impressões digitais, ele é ainda amplamente adotado pela sua simplicidade.

No entanto, todos reconhecemos que as expressões faciais fornecem uma fonte essencial de informações habitualmente usadas na comunicação humana, desempenhando um papel crucial na interação entre seres humanos. Para estes, o seu reconhecimento é automático e baseado na exploração das variações, em tempo real, das características faciais. A replicação desse processo natural usando sistemas de visão computacional ainda é um desafio, uma vez que os requisitos da automação e do sistema em tempo real são comprometidos para se conseguir obter uma deteção exata das emoções.

Na ausência de outras informações, como por exemplo a fala, as expressões faciais podem transmitir emoções, opiniões e pistas sobre os estados cognitivos. Existem vários campos de investigação focados no desenvolvimento de sistemas automáticos para o reconhecimento de emoções faciais.

Eles são representados principalmente por:

- Interação cognitiva humano-robô – na qual a evolução de robôs e agentes animados por

computador acaba por resultar num problema social de comunicação entre esses sistemas e os seres humanos;

- Interação homem-computador – no qual a análise de expressões faciais é amplamente utilizada em telecomunicações, ciências comportamentais, *videogames* e outros sistemas que requerem descodificação de emoções faciais para comunicação.

Assim, foram desenvolvidos vários sistemas de reconhecimento de rosto para deteção de recursos faciais em tempo real. Inclusivamente foram realizados estudos psicológicos para descodificar essas informações usando apenas expressões faciais, tal como sucede no *Facial Action Coding System* (FACS) desenvolvido por Ekman.

Conforme comprovado na investigação realizada por Jamshidnezhad e Nordin, em 2012, a sequência comum entre os sistemas de reconhecimento de expressões faciais existentes, para classificação das mesmas, é composta por 3 etapas:

1. a fase de reconhecimento facial;
2. a fase de obtenção de características faciais;
3. a fase classificadora de *Machine Learning*, na qual se faz o treino preliminar do modelo e posterior previsão *on-line* das expressões faciais.

Conforme reivindicado na investigação acima mencionada, a segunda fase da sequência anteriormente apontada (obtenção de características faciais) influencia fortemente a exatidão e o custo computacional de todo o processo. Na realidade, a escolha do tipo de características a conseguir e os métodos correspondentes a serem utilizados para a obtenção das mesmas, são fundamentais para o desempenho geral.

Os métodos habitualmente utilizados para a obtenção das feições podem ser divididos em:

- métodos geométricos, nos quais as características são extraídas de locais com formas ou pontos salientes, como sejam a boca ou os olhos;
- métodos baseados na aparência, como sejam carrancas ou rugas.

As características geométricas são seleccionadas a partir de pontos de referência de partes essenciais da face, *i.e.* olhos, sobrancelhas e boca, obtidos a partir de uma técnica de reconhecimento de características da face. Esses métodos de extração são caracterizados pela sua simplicidade e baixo custo computacional, mas a sua exatidão depende muito do desempenho do reconhecimento facial. Exemplos de metodologias de classificação de expressões, que utilizam extração de traços geométricos, são descritos em vários artigos científicos.

No entanto, elevada exatidão na deteção de expressões requer, geralmente, uma calibração a partir de uma face neutra, um aumento do custo computacional, uma diminuição

do número de expressões detetadas ou um posicionamento manual dos nós da grelha.

Por outro lado, características baseadas na aparência funcionam diretamente na imagem e não em pontos extraídos. Geralmente analisam a textura da pele, extraindo características relevantes para a deteção de expressões. Ao requerer uma quantidade maior de dados, o método baseado na aparência torna-se mais complexo do que o da abordagem geométrica, comprometendo também o tempo real exigido pelo processo (as características baseadas em aparência mostram alta variabilidade no tempo de desempenho de 9,6 a 11,99 segundos).

Abordagens híbridas, que combinam extração geométrica e aparência, podem ser consideradas mais exatas, mas ainda são caracterizadas por um elevado custo computacional. Assim, o desejável é um método de extração de características que forneça desempenhos comparáveis aos métodos baseados em aparência, sem comprometer os requisitos de tempo real e de automação do sistema. Para tal, é importante resolver os seguintes quatro principais problemas de reconhecimento de expressões faciais:

1. *requisito em tempo real: a comunicação entre humanos é um processo em tempo real com uma escala de tempo de cerca de 40 milissegundos, o problema em tempo real pode ser resolvido utilizando uma extração de características de baixa complexidade, sem comprometer a exatidão da deteção de expressões;*
2. *capacidade de reconhecimento de expressões padrão, múltiplas, em pessoas com diferentes características faciais antropométricas, é importante investigar todas as seis expressões faciais universais - Alegria, Tristeza, Surpresa, Medo, Nojo e Raiva - bem como Neutra e Conflituosa para solucionar este problema;*
3. *capacidade de reconhecimento das expressões faciais sem calibração neutra de comparação de faces, nomeadamente o reconhecimento de oito emoções diferentes sem a necessidade de qualquer processo de calibração utilizando faces neutras;*
4. *capacidade de auto-calibração automática, para evitar qualquer intervenção manual na localização das características geométricas.*

Uma explicação detalhada da otimização destas quatro questões pode ser obtida através da leitura de um artigo baseado na investigação de Verónica Orvalho e co-autores. Desse artigo são aqui reproduzidas as FIGURAS 1, 2 e 3 que mostram um conjunto de detalhes utilizados na deteção de algumas características faciais.

Atualmente existem variadíssimas aplicações do reconhecimento facial, como sejam as redes sociais, a verificação de identidade, o *FaceID* e, ainda, serviços de segurança e publicidade de entre muitas outras. Existem também variadíssimas maneiras de supostamente enganar os sistemas de reconhecimento facial, como sejam o uso de óculos especialmente concebidos para enganar sistemas de identificação facial, a utilização de acessórios com

luzes LED, o uso de máscaras realistas ou, mesmo, a utilização de maquiagem e corte de cabelo.

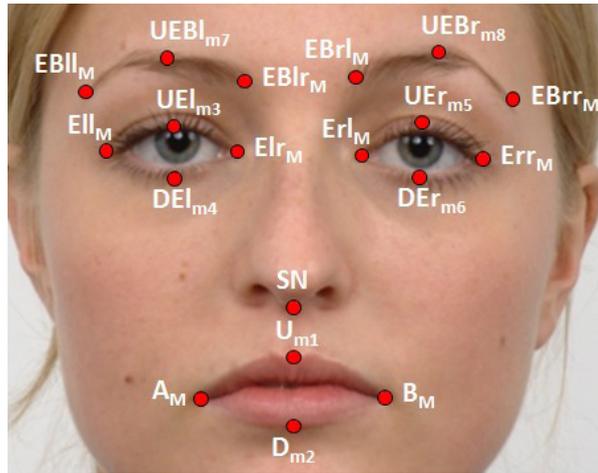


FIGURA 1. subconjunto composto por 19 pontos dos 66 marcos faciais usados para extrair características faciais geométricas (reproduzido de Loconsole *et al.*, 2014).

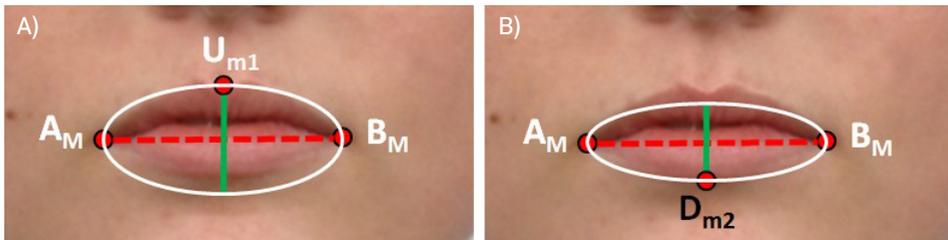


FIGURA 2. A) Definição da elipse superior da região da boca. B) Definição da elipse inferior da região da boca (reproduzido de Loconsole *et al.*, 2014).

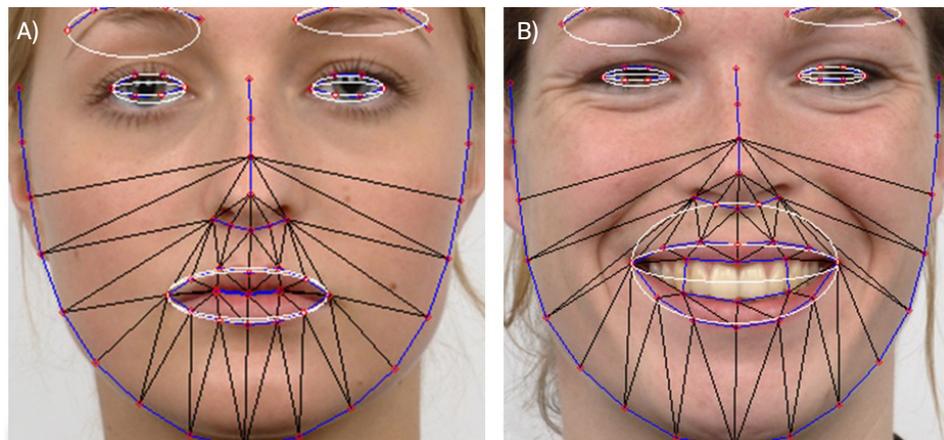


FIGURA 3. A) Resultado final da construção facial a partir de oito elipses. B) As características das elipses faciais mudam de acordo com a expressão facial da pessoa (reproduzido de Loconsole *et al.*, 2014).

Mas, paralelamente, muitos são os erros cometidos por reconhecimentos faciais incorretos, levando mesmo à detenção de pessoas, por parte das autoridades, como tem sucedido já em países onde o sistema de reconhecimento facial trabalha lado a lado com a estatística. Por isso, assim que o sistema aponta, por exemplo e dependendo do país, para 70% de possibilidade de uma pessoa ser a procurada, ela é detida.

Mais ainda, lembrem-se do problema levantado, há já anos, por George Orwell no seu famoso livro 1984, que imaginou um futuro aterrador no qual o governo do Big Brother usaria ferramentas para nos vigiar a todos? Como os nossos rostos são tão individualistas quanto as nossas impressões digitais, a tecnologia de reconhecimento facial dita que a privacidade termina no momento em que saímos de casa...

Por outro lado, as organizações policiais e de segurança, armadas com a tecnologia de reconhecimento facial têm uma vantagem adicional na detecção de terroristas conhecidos, criminosos internacionais e fugitivos.

Adicionalmente, tecnologias de reconhecimento facial estão atualmente em uso, em determinados países para evitar que pessoas obtenham documentos de identificação falsos, *e.g.* cartões de cidadão e cartas de condução, e, ainda para evitar fraudes em votações.

Em conclusão: reconhecimento facial, uma vantagem ou uma desvantagem? Qual é a sua opinião?

Grão de pólen de *Hibiscus*

Em 1977, Charles e Ray Eames realizaram *Powers of Ten*, um filme encomendado pela IBM que adaptava o livro *Cosmic View* do holandês Kees Boeke, permitindo ao espectador fazer uma viagem vertical, com início no *Central Park*, sobre um eixo ascendente em direcção ao pó da galáctica a 10^{25} metros de distância e vertiginosamente descendente, revelando os fragmentos atómicos da realidade a -10^{16} metros de profundidade.

Olhando para a relatividade da escala do Universo, percebemos que as coisas, porque são exponenciáveis, se tornam diferentes em diferentes escalas e que as imagens que delas se retiram, acontecem na variação dessa ordem de magnitude.

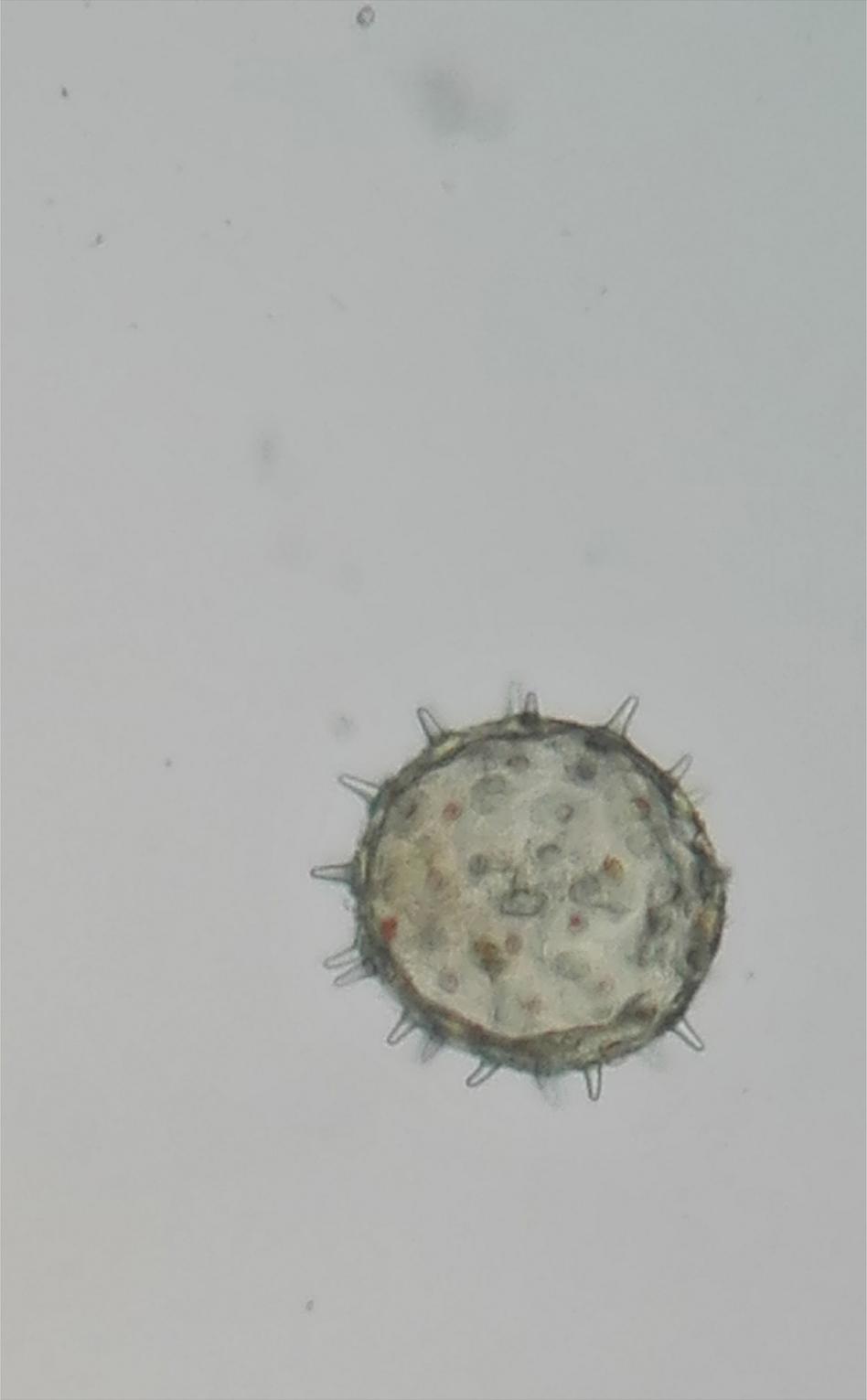
Muito depois dos delicados desenhos micrográficos de Robert Hooke, esta imagem atmosférica — que na legenda se desvenda como um grão de pólen de hibisco — move-se no antagonismo da sua imensidão mínima, quebrando os obstáculos da opacidade e mostrando as complexas formas da sua origem. Acima de tudo, revela o afastamento do peso e da gravidade que o infinitamente pequeno privilegia.

A fotografia do grão de pólen da flor de *Hibiscus*, foi tirada durante uma aula prática da disciplina de Biologia e Geologia e reflete o quão espetacular é o mundo microscópico e também como as aulas e a biologia, podem ser fascinantes para os alunos (e para os professores).

Contrariamente à opinião de muitos, o telemóvel faz parte do material das minhas aulas práticas e é recompensador ver os alunos a ficarem maravilhados com as fotografias que tiramos e que permitem apercebermo-nos, ainda mais, dos pormenores espetaculares das imagens dadas pelas lupas e pelos microscópios.

O pólen, ao ser fotografado, deixou de ser apenas algo de que falo a propósito da reprodução sexuada ou do problema da extinção das abelhas, e passou a ser também aquela entidade misteriosa e espetacular de quem nos apropriámos e que nos fascina. É a arte da biologia!

Fátima Cotrim
Escola Secundária de Odivelas



EN CON TRO

A ÁGUA
UM TEMA TRANS-
VERSAL

ESTREMOZ

02/03/04 ABRIL

2020



Programa

2 e 3 de abril

- ▶ Painel de Abertura
- ▶ Conferências
- ▶ Apresentação de projetos
- ▶ Oficinas

4 de abril

- ▶ Saída de campo a Évora e à Herdade do Esporão

▶ Programa para acompanhantes em Estremoz (2 e 3 de abril)

▶ Formação acreditada de 15h + 6h (saída de campo)

▶ Grupos 230+510+520

Inscreva-se em: <https://www.casadasciencias.org/estremoz2020>

Não esqueça ainda:

VII Encontro Internacional da Casa das Ciências

Clima e Sustentabilidade

8 a 10 de julho de 2020

ISEP, Porto

25H de Formação acreditada