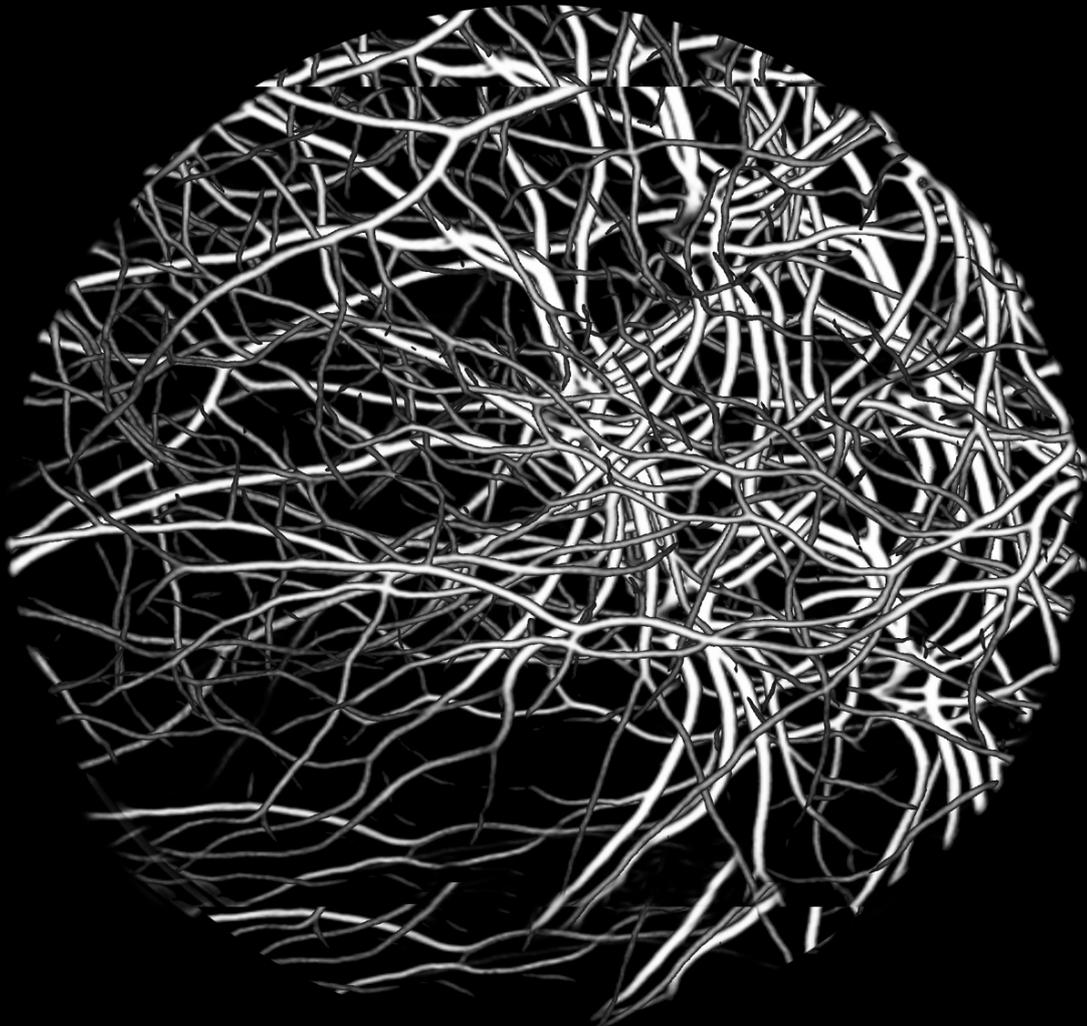




# SCIENTIFIC SOCIETY



**CIÊNCIA DE DADOS,  
INTELIGÊNCIA  
ARTIFICIAL E SAÚDE**

### **INESC TEC SCIENCE & SOCIETY É PUBLICADA PELO INESC TEC**

**INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS  
E COMPUTADORES, TECNOLOGIA E CIÊNCIA**

Campus da FEUP  
Rua Dr Roberto Frias  
4200-465 Porto  
Portugal  
+351 222094000  
info@inesctec.pt  
www.inesctec.pt

### **COPYRIGHT**

Todos os autores dos artigos que constam nesta edição devem ser identificados com copyright pelos seus trabalhos. INESC TEC Science & Society é uma publicação licenciada por Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY).

### **EDIÇÃO ONLINE**

[science-society.inesctec.pt](http://science-society.inesctec.pt)

### **EQUIPA EDITORIAL PARA TEMA ESPECIAL**

Aurélio Campilho (INESC TEC/FEUP)  
Mário Amorim Lopes (INESC TEC/FEUP)

### **CONSELHO EDITORIAL**

Artur Pimenta Alves (Diretor Associado, INESC TEC)  
Pedro Guedes Oliveira (Consultor do Presidente do INESC TEC e Presidente do Fórum do Outono)  
Sandra Pinto (Serviço de Comunicação, INESC TEC)  
Duarte Dias (Cluster Redes de Sistemas Inteligentes, INESC TEC)  
Marta Maia (Cluster Energia, INESC TEC)  
Ana Alonso (Cluster Informática, INESC TEC)  
Mário Amorim Lopes (Cluster Engenharia Industrial e de Sistemas, INESC TEC)  
Vasco Ribeiro (Ciências da Comunicação, FLUP)

### **DESIGN**

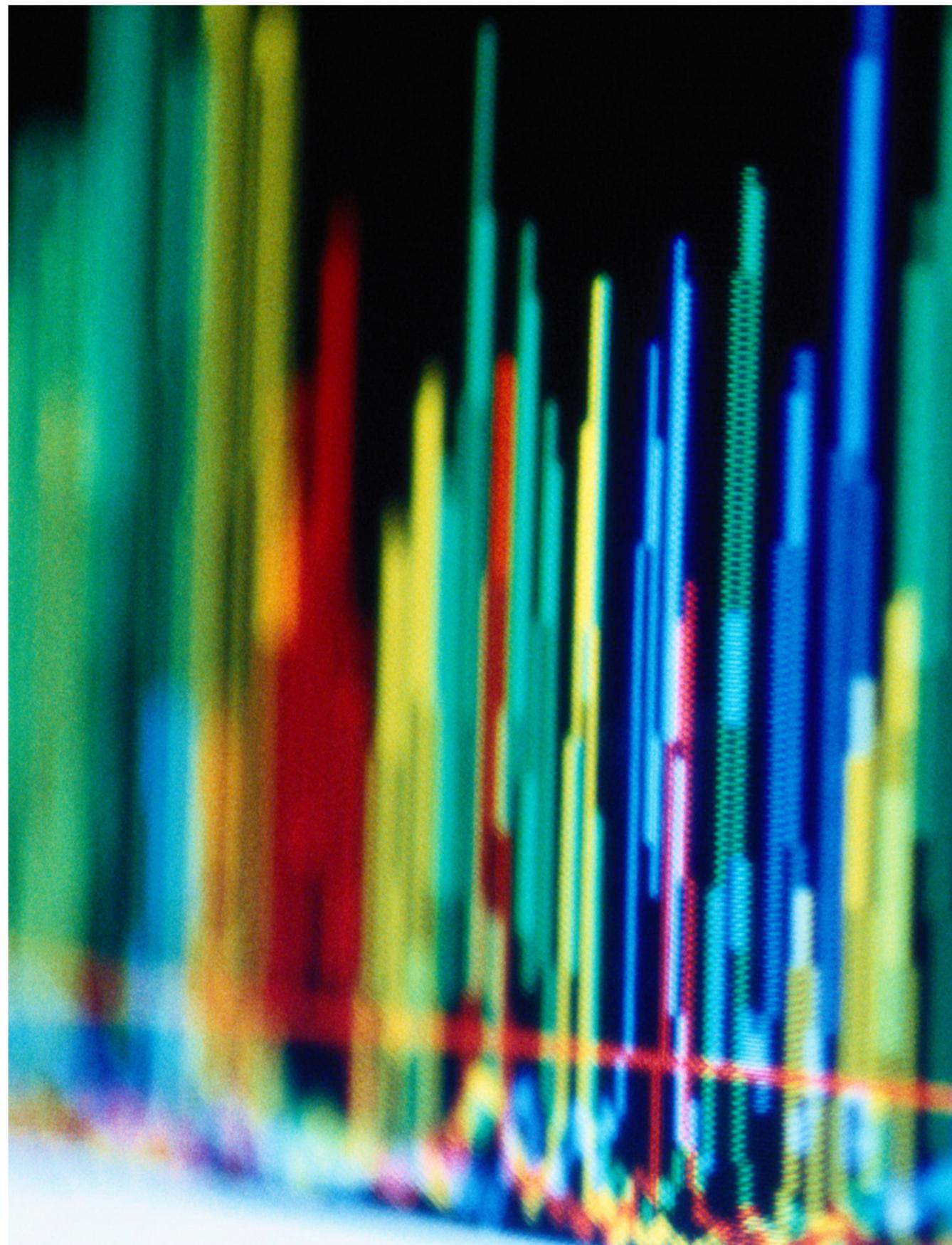
Pedro Regadas (Serviço de Comunicação)

### **APOIO TÉCNICO**

Soraia Ramos (Serviço de Apoio à Gestão, INESC TEC)  
Fábio Alves (Serviço de Informática de Gestão, INESC TEC)

### **FOTO DA CAPA**

Auto-retrato, imagem obtida a partir da deteção automática da rede vascular da retina, concebida no projeto Outros Retratos e Auto-retratos © Renato Roque, 2018, no âmbito do projeto SCREEN-DR CMUP-ERI/TIC/0028/2014, apoiado parcialmente pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização - COMPETE 2020, e parcialmente por Fundos Nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT).





1.  
Abertura  
P.8



2.  
Editorial  
P.12



3.  
Tema  
Especial  
P.20



5.  
Temas de  
Atualidade  
P.56



6.  
Olhar o  
Passado  
P.64

## ÍNDICE

### 8 Abertura

**TEMA ESPECIAL - CIÊNCIA DE DADOS,  
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SAÚDE**

### 13 Precisamos de si

Mário Amorim Lopes, Aurélio Campilho

### 22 O nosso Dever para com a Sociedade

Mário Amorim Lopes

### 26 Uma Nova Primavera para a Inteligência Artificial

João Gama, Alípio Jorge

### 32 A Inteligência Artificial e a Fase dos Porquês

Jaime S. Cardoso, Luís F. Teixeira

### 34 Inteligência Artificial para Detecção de COVID-19 em Imagens de Raio-X

Guilherme Aresta, Carlos Ferreira, João Pedrosa

### 40 A Ciência dos Dados e a Aprendizagem Computacional ao Serviço da Decisão Clínica Oncológica

Catarina Santos, Mário Amorim Lopes

### 45 Inteligência Artificial no Rastreamento da Retinopatia Diabética

Teresa Araújo, Pedro Costa, Catarina Carvalho

### 52 Inteligência Artificial para Diagnóstico de Cancro Gástrico

Miguel Tavares Coimbra, Mário Dinis-Ribeiro

### 58 STAYAWAY COVID. Rastreamento Digital de Contactos para a COVID-19

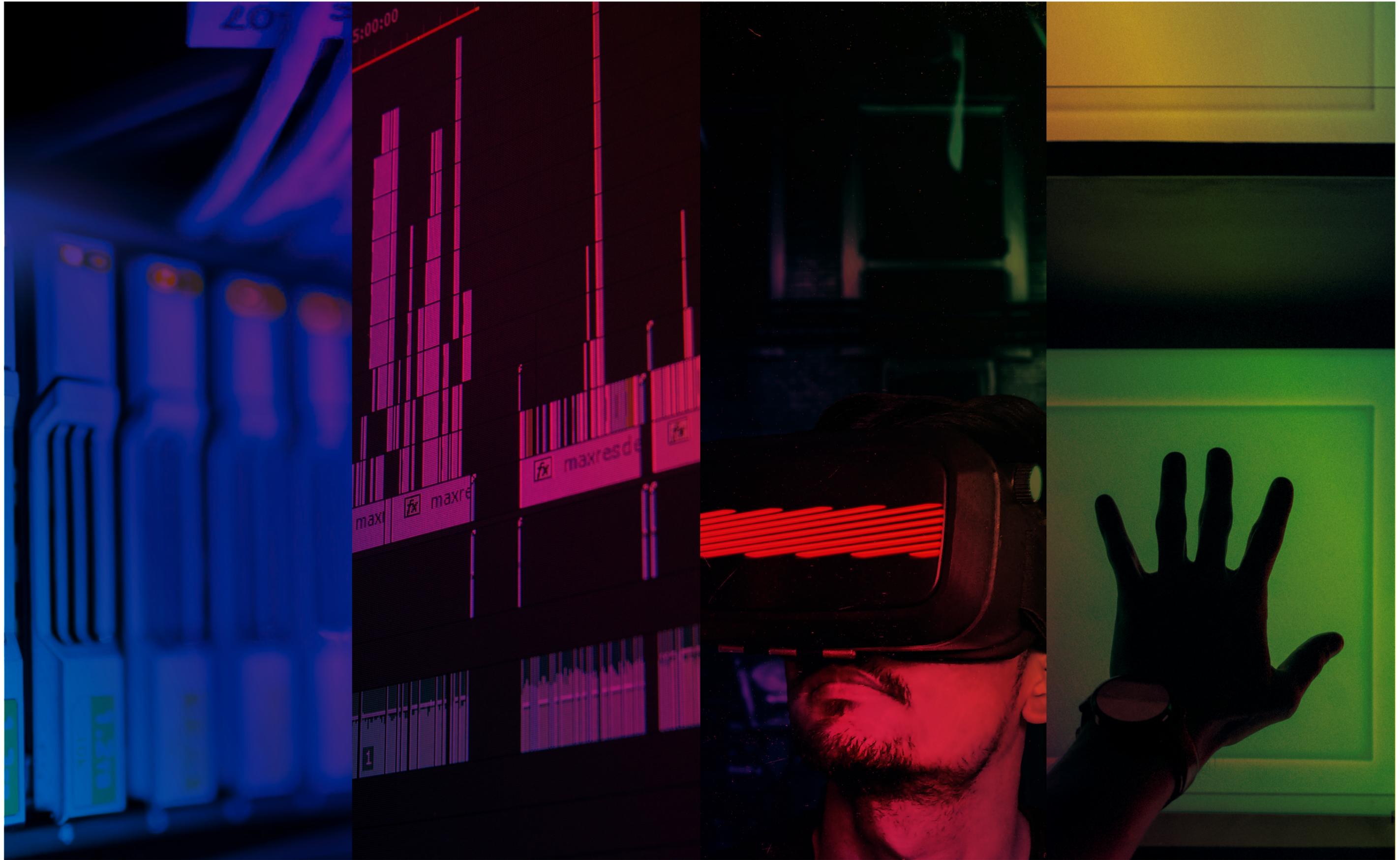
Rui Oliveira, José Manuel Mendonça

### 62 Robô Hospitalar de Desinfecção

António Paulo G.M. Moreira

### 66 O Cerco – sobre a Epidemia de Peste Bubónica no Porto em 1899

Renato Roque





# ABERTURA

## CIÊNCIA & SOCIEDADE

Esta nova revista "INESC TEC Ciência & Sociedade" pretende divulgar ciência à sociedade e contribuir para o debate de questões emergentes, visando muito em particular os gestores, políticos e técnicos dos sistemas em que os temas tratados sejam aplicados. A revista terá dois números por ano, um no outono e outro na primavera. Cada número abordará um tema especial, sem excluir outros artigos de oportunidade, sendo que o número do outono terá o mesmo tema que o Fórum do Outono que o INESC TEC realiza desde 2015, que infelizmente este ano foi adiado devido à evolução da pandemia.

Foi com muita satisfação que aceitei ser o coordenador da série e devo dizer que a adesão de toda equipa editorial, dos serviços técnicos e de comunicação do INESC TEC e de todos os autores que convidamos foi excepcional. A todos os meus maiores agradecimentos, mas permito-me destacar os editores do tema especial.

Este primeiro número tem como tema especial a ciência dos dados, inteligência artificial e saúde, muito oportuno nas circunstâncias que estamos a atravessar. Será um número de teste das nossas capacidades, em que procuramos encontrar o estilo e o formato mais adequado aos nossos propósitos, que correspondem a uma nova cultura de comunicação com a sociedade e de participação no debate das políticas mais influenciadas pela tecnologia.

Neste número está muito orientado para o tema especial, mas incluímos outros artigos de atualidade e um artigo de natureza cultural suscitado pelo tema tratado.

Esperamos sinceramente que o resultado seja do vosso agrado.

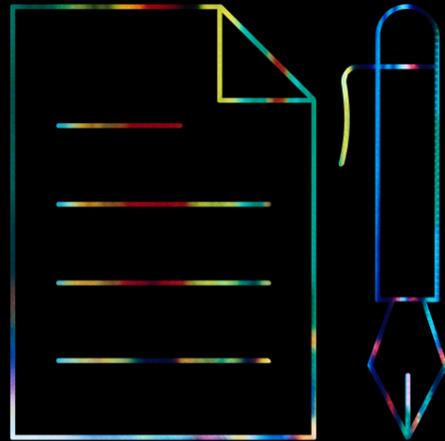
**ARTUR PIMENTA ALVES** <sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> PROFESSOR EMÉRITO DA FEUP

<sup>(2)</sup> DIRETOR ASSOCIADO DO INESC TEC

artur.p.alves@inesctec.pt





EDITORIAL

## TEMA ESPECIAL - CIÊNCIA DE DADOS, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SAÚDE

### Precisamos de si

Difícilmente alguém discordará de que precisamos de melhores políticas de saúde. Aliás, precisamos de melhores Políticas Públicas em todos os sectores. A questão está em perceber se a falta de qualidade das Políticas Públicas é apenas o resultado da atuação dos governantes que escolhemos ou se será também uma falta de comparência nossa, pois podemos ajudar os governantes a tomarem melhores decisões, mas raramente o fazemos.

Curiosamente, a comunidade científica não esteve ausente nas respostas à pandemia COVID-19, e o sentido de voluntarismo e participação foi muito elevado. Não apenas em Portugal, assistimos a investigadores a solicitarem (no caso de Portugal, a implorarem) por acesso a dados que permitissem estudar, analisar, enfim, contribuir para sabermos mais sobre um vírus que era, e ainda é, desconhecido.

Vimos também investigadores a reafetarem o seu equipamento laboratorial, em particular impressoras 3D, para a produção de equipamento de proteção individual e de ventiladores não invasivos. A Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), para dar apenas um exemplo, colaborou com diversos hospitais, e até foi promovida uma recolha de acetatos, úteis na conceção destas viseiras improvisadas.

Vários investigadores, de diversos centros de investigação, trabalharam também em projetos de ventiladores mecânicos, desta forma tentando suprir as necessidades resultantes do aumento explosivo da procura, assim como dirimir o seu elevado custo.

Hospitais e outras unidades de saúde aceleraram o recurso à telemedicina, que ainda era limitado e ocasional, por forma a minorar o impacto da pandemia na atividade clínica (que ainda assim foi muito elevado). Isto obrigou a uma requalificação da infraestrutura tecnológica e à formação dos profissionais de saúde, o que representa sempre um custo, mas que produzirá ganhos durante muito tempo e poderá ser uma forma de reduzir

as assimetrias e iniquidades que ainda existem no acesso à saúde em Portugal, especialmente em zonas remotas. O INESC TEC também esteve ativo neste período pandémico, contribuindo com soluções para a área da Saúde. Esta incursão na Saúde não é nova, aliás. A área da Saúde atravessa vários centros de investigação do INESC TEC em múltiplas áreas científicas, diversos projetos e envolvendo um número apreciável de investigadores que contribuíram para a criação de algumas empresas, como se procura ilustrar no diagrama nas páginas 16 e 17.

Neste número especial da 1ª edição da Revista do INESC TEC Ciência & Sociedade, damos destaque a algumas atividades relevantes de investigadores do INESC TEC, que (o)usaram a tecnologia para inovar na Saúde. Para abrir esta edição incluímos um artigo de opinião sobre o dever da comunidade científica para com a sociedade, que faz uma reflexão sobre a colaboração da comunidade científica na discussão de Políticas Públicas.

Vários artigos envolvem a utilização de métodos avançados de Inteligência Artificial (IA), pelo que os enquadramos com um artigo que apresenta alguns dos avanços recentes da IA, e que revisita Alan Turing e as origens da IA. E porque, parafraseando José Régio, devemos saber para onde vamos, consulte também o artigo que explica a importância de a

Inteligência Artificial ser explicável. O recurso a IA foi também adotado num trabalho de reconhecida relevância prática para a COVID-19, desenvolvido no INESC TEC. Esse trabalho é descrito num artigo que procura ajudar a detetar a presença de lesões pulmonares provocadas pelo vírus em imagens de raio-X. Para tal, recorre a algoritmos de IA que ajudarão a equipa clínica a classificar os casos.

Numa outra iniciativa, também descrita num artigo desta edição, que tem gerado muito mediatismo, investigadores do INESC TEC juntaram-se para desenvolver uma aplicação de *contact tracing*, que permite rastrear focos de infeção e, desta forma, intervir mais rapidamente na sua contenção. Não obstante as objeções que possam ser levantadas a este tipo de aplicações, especialmente no que concerne à privacidade, a verdade é que a STAYAWAY COVID está a funcionar e a contribuir para dirimir a propagação da COVID-19.

E porque há vida para além da COVID-19, é importante destacar o que também tem sido feito pelos nossos investigadores noutros contextos clínicos. É o que pode encontrar num artigo que descreve o projeto MINE4HEALTH, desenvolvido em parceria com o Instituto Português de Oncologia, no Porto, que vai permitir que valiosíssima informação clínica possa ser extraída de diários clínicos e seja posta ao serviço da ciência

e da prática clínica, auxiliando médicos na tomada de decisão oncológica. Um outro artigo descreve como a Inteligência Artificial pode ser utilizada para o rastreio da retinopatia diabética, permitindo de uma forma automática detetar a presença ou estadiamento desta patologia, que pode levar à cegueira se não for detetada e tratada precocemente.

Um outro projeto do INESC TEC, também aqui descrito, recorre a IA para ajudar no diagnóstico do cancro gástrico através da análise de imagens endoscópicas com recurso a Inteligência Artificial. A ferramenta poderá ser um precioso auxílio dos médicos oncologistas, ajudando-os a elaborar diagnósticos mais rápidos e, quem sabe, certos. Destacamos também o projeto do robô hospitalar de desinfeção, que permite desinfetar, com recurso a luz ultravioleta, as unidades de saúde, em particular os hospitais. Se isto lhe parece um contributo de limitado alcance, é importante ter presente que as infeções adquiridas em ambiente hospitalar são uma das principais causas de morte de quem está internado, especialmente de quem é submetido a cirurgia. Pode ler mais sobre este assunto num artigo que descreve um robô para desinfeção hospitalar. Finalmente, e como disse Hegel "e porque a História se repete e nem sempre aprendemos o que a História nos ensina, o que nós aprendemos com

a História é que nada aprendemos com a História", incluímos um artigo sobre o cerco sanitário durante a epidemia de peste bubónica que ocorreu no Porto em 1899. São impressionantes algumas das semelhanças entre o que se passou há mais de um século e o que vemos acontecer agora durante esta pandemia que nos afeta. Para refletirmos. Todas estas contribuições foram possíveis devido a três vetores fundamentais: vontade, tecnologia e políticas de saúde. Neste caso, a vontade e a tecnologia precederam as políticas, que foram atrás dos desenvolvimentos. A legislação foi alterada para permitir o recurso ao *contact tracing*; alguns critérios foram relaxados, por parte do Infarmed, para que fosse possível disponibilizar algumas das inovações que estavam a ser propostas; os trâmites pesados da Administração Pública foram flexibilizados para que fosse possível dar uma resposta em tempo útil. E tudo isto foi possível pela emergência da situação, mas também, e sobretudo, por pressão da comunidade académica e da sociedade. Consciente ou inconscientemente, fomos agentes que promoveram políticas de saúde e que pressionaram por uma mudança. Se o conseguimos fazer em tempos de emergência, por que não haveríamos de o conseguir fazer também em tempos de normalidade? Temos esse dever para com a sociedade.

**MÁRIO AMORIM LOPES<sup>(1,2)</sup>**  
**AURÉLIO CAMPILHO<sup>(1,2)</sup>**

<sup>(1)</sup>INESC TEC;

<sup>(2)</sup>FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO  
mario.a.lopes@inesctec.pt  
aurelio.campilho@inesctec.pt

# ATIVIDADE DO INESC TEC EM SAÚDE

## PRINCIPAIS PARCEIROS



## ÁREAS DE CONHECIMENTO



Inteligência Artificial



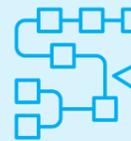
Sistemas de Informação de Saúde



Robótica Médica



Instrumentação Biomédica



Gestão de Saúde

## ESTATÍSTICA (2016-2019)

**544**  
ARTIGOS CIENTÍFICOS

**13**  
PATENTES E REGISTOS DE SOFTWARE

**42**  
PROJETOS

**7M€**  
FINANCIAMENTO

**113**  
PARCEIROS

## STARTUPS



## ÁREAS DE APLICAÇÃO



Cancro



Políticas Públicas, Prevenção e Rastreio de Doenças



Neuroengenharia

## INFRAESTRUTURAS

**+ 100**  
INVESTIGADORES

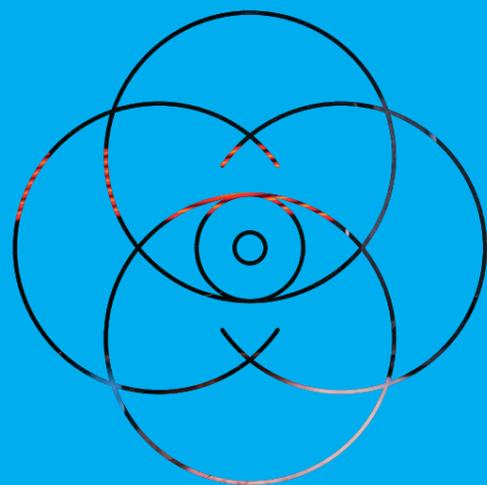
SERVIÇO DE PARCERIAS E ABORDAGEM AO MERCADO (TEC4HEALTH)

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA (C-BER)

**10**  
CENTROS COM FORTE INVESTIGAÇÃO EM SAÚDE

**6**  
LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO ESPECIALIZADOS





# CIÊNCIA DE DADOS, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SAÚDE

TEMA

ESPECIAL



# O NOSSO DEVER PARA COM A SOCIEDADE\*

A ciência serve, ou deve servir, um propósito maior, que é o de melhorar as condições económicas e sociais da humanidade. E para que isso seja possível, a ciência, e sobretudo os cientistas, têm de estar presentes na discussão de Políticas Públicas, que representam decisões que influenciam essas mesmas condições económicas e sociais. Políticas Públicas baseadas na melhor evidência disponível e numa discussão aberta e plural são a melhor garantia de uma sociedade mais próspera. Mas para que tal seja possível, a comunidade científica tem de marcar presença.

**MÁRIO AMORIM LOPES<sup>(1,2)</sup>**

<sup>(1)</sup> INESC TEC;

<sup>(2)</sup> FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

mario.a.lopes@inesctec.pt

\*Artigo escrito de acordo com a antiga ortografia

Benoit Mandelbrot dizia que a ciência estaria seriamente comprometida se criasse silos impenetráveis, em que especialistas de cada silo debateriam apenas entre si, criando assim uma gigante câmara de eco que ressoaria somente para aqueles que já lá estão. Mandelbrot dava o exemplo do desporto: futebol é jogado por futebolistas; ténis por tenistas; e basquetebol por basquetebolistas. Não existe qualquer cruzamento entre os diversos desportos. Não existe interdisciplinaridade. E não existe um interesse partilhado, excepto por meia dúzia de pessoas que ocorre gostarem de mais do que um desporto.

Se isto era aceitável no desporto, apontava Mandelbrot, era impensável na ciência. A ciência beneficia de nómadas intelectuais capazes de cruzar várias áreas do conhecimento. Mas talvez tão ou mais importante do que isto, a ciência, mas sobretudo a sociedade, beneficia de cientistas capciosos que estejam dispostos a gerar impacto com os resultados da sua investigação.

Por impacto entendamos tudo aquilo que pode criar prosperidade, material ou não, para a sociedade, contribuindo para o seu desenvolvimento económico e social. Para muitos cientistas, isto passará pela transferência de conhecimento para a sociedade, geralmente feita através de patentes ou direitos autorais, mas este desiderato pode ser também alcançado de uma forma mais simples: influenciando positivamente a sociedade e todos os seus actores, em particular os actores políticos, a serem rigorosos nas suas análises, a não serem imunes à evidência, a discutirem com espírito crítico, a aceitarem o pluralismo. Esta missão faz-se, sobretudo, através das políticas públicas, onde temos estado repreensivelmente ausentes.

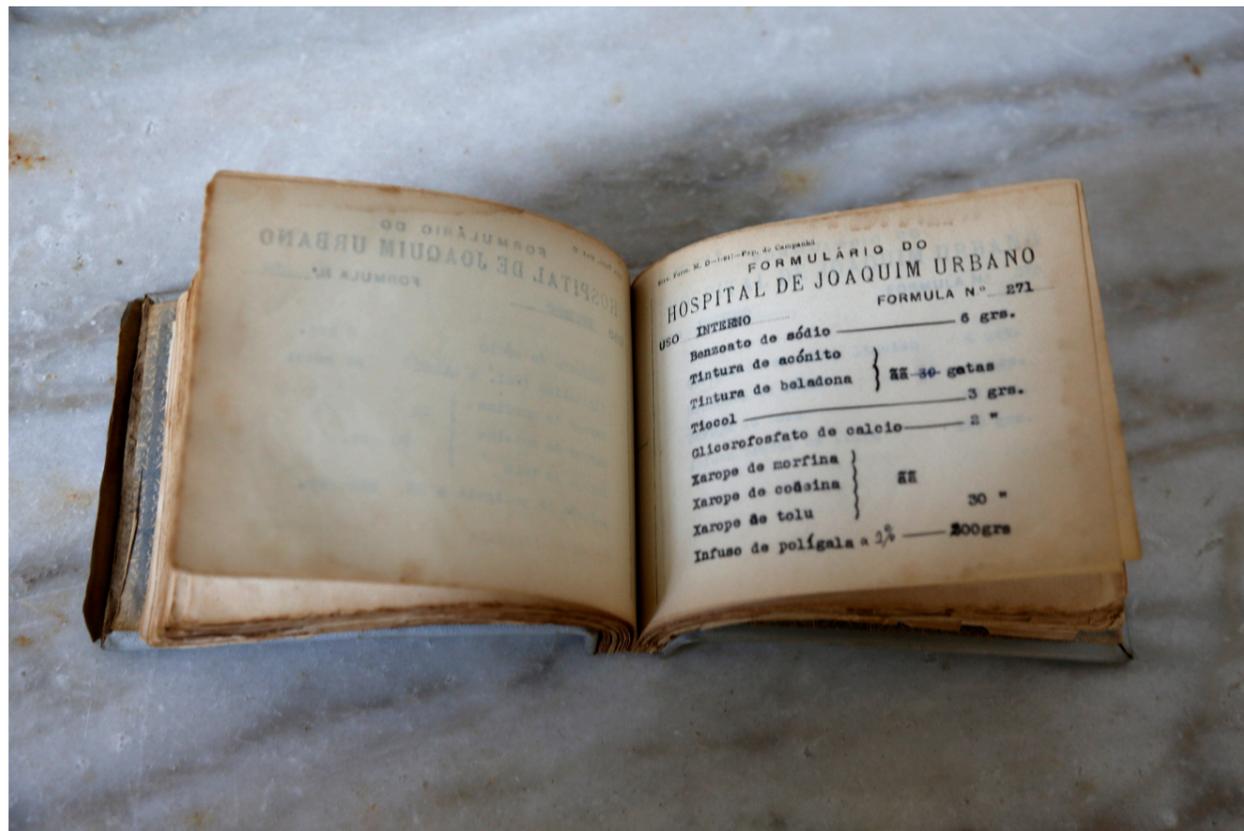
A nossa ausência reiterada do espaço de discussão das políticas públicas tem o efeito que se conhece: más políticas públicas, que oneram o contribuinte, e prestam um desserviço à sociedade. Não quero com isto sugerir que as políticas públicas seriam elaboradas de forma irrepreensível se contassem sempre com a nossa participação — afinal, também os cientistas são (muito) falíveis. Acredito, contudo, que podemos contribuir

para que as políticas públicas sejam mais resilientes e assentes em métodos rigorosos, que é, afinal, o crux da ciência. Podemos contribuir para que haja mais e melhor informação na tomada de decisão. Podemos contribuir para que os decisores políticos consigam perceber as implicações das suas decisões para lá do horizonte da legislatura, momento que deixa de os afectar a eles, mas que continua a pesar sobre nós, cidadãos. Podemos contribuir informando, de uma forma séria e estruturada, a sociedade.

Esta possibilidade não é apenas uma prerrogativa — é um dever de quem faz ciência, especialmente quando feita por cientistas de excelência. O INESC TEC e as Instituições Associadas contam com alguns dos melhores cientistas do país, mas também do mundo, o que torna ainda mais imperioso que sejamos um actor activo e interventivo no espaço de discussão pública. Isto não significa que falemos a uma só voz. Nas políticas públicas não existe uma só voz. O que isto significa é que poderemos e deveremos dar contribuições valiosas para a discussão, ainda que, por vezes, possam ser conflituantes. Seria altamente pernicioso que existisse um pensamento único numa unidade de criação de conhecimento, que se quer plural, heterogénea e intelectualmente livre.

A área da Saúde, em particular, carece desesperadamente desses contributos. As decisões que muitas vezes são tomadas, algumas das quais assentes tão e somente em preconceitos ideológicos, têm consequências gravosas para a sociedade e sobretudo para os mais vulneráveis, facto que não nos deverá deixar indiferentes. Más decisões e más políticas públicas impactam diretamente milhares de pessoas.

A nossa missão, enquanto académicos, também é para com estas pessoas — os nossos concidadãos. Mesmo se todos os outros se absterem deste debate, temos de ser nós, académicos, os bastiões que almejam a uma sociedade construída sobre o espírito das luzes, o espírito da razão, dos factos e da ciência. Não é uma opção nossa. É um dever.



Fotografias de um Formulário dos Medicamentos usado no Hospital Joaquim Urbano, em 1934, que contém um receituário para a elaboração de medicamentos. À data de hoje, quase 100 anos depois deste registo fotográfico, ainda existe um recurso amplo ao papel nos hospitais portugueses, embora em muito menor escala. Apesar dos sistemas de informação terem contribuído para a desmaterialização e para a digitalização de muitos destes registos, o facto de ainda serem armazenados em texto, embora digital, dificulta o seu uso para outros fins, como a investigação clínica, que muito poderia contribuir para melhores cuidados de saúde.

© Renato Roque – Hospital Joaquim Urbano, Porto, 2016



# UMA NOVA PRIMAVERA PARA A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Há muito tempo que interagimos com sistemas de Inteligência Artificial. Na maior parte das vezes, a interação é silenciosa: não nos apercebemos dela. Hoje em dia, a IA aparece na capa dos jornais: Watson ganha a Jeopardy, AlphaGO ganhou o campeonato mundial de Go, acidentes com veículos autónomos, entre muitos outros exemplos. Neste artigo, argumentamos que a desenvoltura da IA se deve aos desenvolvimentos em Machine Learning e em Ciências dos Dados.

JOÃO GAMA<sup>(1, 2)</sup>,  
ALÍPIO JORGE<sup>(1, 3)</sup>

<sup>(1)</sup> INESC TEC;

<sup>(2)</sup> FACULDADE DE ECONOMIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO;

<sup>(3)</sup> FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO

joao.gama@inesctec.pt

alipio.jorge@inesctec.pt

A ideia da Inteligência Artificial como a concebemos hoje existe desde a década de 1940. Cerca de 1940, Alan Turing sugeriu que as máquinas, tal como os seres humanos, também poderiam pensar. Em 1950, Turing escreveu um artigo sobre o tema em que se propunha a responder à pergunta "As máquinas podem pensar?" Já o termo Inteligência Artificial (IA) foi utilizado pela primeira vez em 1956, numa conferência no Dartmouth College, organizada por Marvin Minsky, John McCarthy, e com a participação de Claude Shannon, Arthur Samuel, Allen Newell e Herbert A. Simon, entre outros. Todos estes cientistas tiveram um papel muito relevante durante décadas na investigação em IA.

Tal como a concebemos hoje, a Inteligência Artificial é um ramo das ciências da computação que se propõe a elaborar modelos computacionais que simulem a capacidade humana de raciocinar, tomar decisões e resolver problemas. Estas capacidades são definidas por: capacidade de encadear raciocínio, aplicar regras lógicas e derivar conclusões; aprendizagem a partir de factos e observações agindo de forma mais eficaz no futuro; reconhecer padrões; capacidade de conseguir aplicar o raciocínio às situações do nosso quotidiano.

Os anos 60 e 70, foram anos de expectativas inflacionadas. Os avanços relativos em áreas como demonstração automática de teoremas, robótica, tradução automática, desenvolvimento de linguagens de programação em lógica, entre outros. O sucesso inicial é bem ilustrado pelo GPS - General Problem Solver, desenvolvido por Newell e Simon [1], capaz de resolver problemas de forma automática. Nos anos 80, o Japão lançou um projeto a 10 anos para a Quinta Geração de Sistemas de Computação, para criar computadores usando computação paralela maciça e programação lógica.

Desde os anos 70, houve um esforço no sentido de utilizar a Inteligência Artificial para resolver problemas reais. Inicialmente, os problemas eram tratados pela IA através da aquisição de conhecimento de especialistas de um dado domínio. Estes sistemas periciais eram sistemas modulares onde o motor de inferência era independente da base de conhecimento. Para cada domínio específico era construída uma base de conhecimentos através de entrevistas que procuravam descobrir as regras utilizadas pelo perito para tomar decisões.

No fim dos anos 80, início dos anos 90, as expectativas foram seguidas por uma fase de desilusão acentuada, levando a um desinvestimento na área. A IA entrou no seu inverno. Em 1997, o computador DeepBlue da IBM ganhou ao campeão do mundo de xadrez, G. Kasparov. A IBM realçou que a vitória era devida à capacidade de processamento da máquina e não à utilização de tecnologias de IA!

Ainda nos anos 80, começaram a ganhar popularidade ferramentas computacionais mais sofisticadas e autónomas para a extração de conhecimento a partir de factos e dados. Nos anos 90, estas ferramentas ganharam maturidade, começaram a ser utilizadas em empresas e tiveram grande impulso com o desenvolvimento de redes de computadores e da WWW, associado à capacidade de coletar, armazenar e processar grandes quantidades de informação digital. A IA aparece nas primeiras páginas dos jornais, quando, em outubro de 2005, decorreu no deserto do Nevada o DARPA Grand Challenge. Foi a primeira vez que um carro autónomo completou, com sucesso, o Grand Challenge. Segundo Sebastian Thrun "The robot's software system relied predominately on state-of-the-art AI technologies, such as machine learning and probabilistic reasoning" [2]. É o início de uma nova primavera da IA, que vem ser reforçada quando a Aprendizagem Computacional (Machine Learning) passa a ser utilizada noutras áreas de IA como Representação do Conhecimento, Visão Computacional e Processamento de Linguagem Natural. A IA desenvolveu algoritmos e tecnologias capazes de resolver problemas difíceis, e passou a ser amplamente utilizada nos mais diversos setores. Parte do sucesso destas abordagens de IA era explicado pela capacidade destes modelos de Aprendizagem Computacional em escolherem internamente a forma mais adequada de representar o conhecimento (Representation Learning) em vez de dependerem de especialistas decidirem quais os melhores atributos para descrever os dados (Feature Engineering).

Em 2011, o Mackinsey Institute publicou o relatório "Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity" [3] que relançou o investimento público e privado nas tecnologias de IA, Aprendizagem Computacional (AC) e Ciência dos Dados.

O maior crescimento ocorre em empresas, onde o uso de IA é utilizado como estratégia de negócio, como é o caso da Google e do Facebook, ou para o desenvolvimento de aplicações marginais ao negócio, como os assistentes automáticos comuns nos aplicativos e sites de diversos bancos. A Netflix, por exemplo, utiliza IA no sistema de recomendação e para identificação de padrões de preferências dos seus utilizadores. Há ainda várias situações em que a Google emprega IA, e que já fazem parte do quotidiano dos seus utilizadores: organização de fotos no Google Fotos, onde metodologias de Aprendizagem Computacional são utilizadas, por exemplo, para a identificação dos elementos presentes nas fotos ou para agrupamento das fotos por padrões; legendas automáticas para vídeos no YouTube; recomendação de respostas rápidas a mensagens de e-mail no Gmail; uso de redes neuronais artificiais, mais especificamente Aprendizagem Profunda (Deep Learning), para melhorar a eficácia das traduções no Google Translate.

Exemplos de aplicações bem-sucedidas de técnicas de AC em problemas reais incluem: interfaces que utilizam linguagem natural (escrita ou falada); reconhecimento facial; filtragem de spam em e-mails; deteção de fraude por bancos e operadoras de cartões de crédito; auxílio ao diagnóstico de doenças por meio da análise de dados clínicos, de imagem e/ou dados genéticos; recomendação de produtos com base no perfil do consumidor e no seu histórico de consumo; comportamento inteligente em personagens de jogos, que jogam com desempenho similar ao de campeões de Xadrez e Go. Uma aplicação com uso intensivo de IA e AC atualmente muito em voga é a dos carros autónomos. Vários fabricantes, como Tesla, Volvo, BMW, Mercedes-Benz, etc., têm projetos de veículos autónomos. Vários modelos comerciais já integram tecnologias para a autonomia parcial. Nesses modelos, a Aprendizagem Computacional é utilizada intensivamente em diversas tarefas, tais como deteção e reconhecimento de objetos e placas, classificação de objetos, localização, previsão e tracking de objetos em movimento.

A Internet das Coisas (IoT) projeta ainda mais as capacidades da IA, com milhões de dispositivos a analisar o ambiente, processar informação e enviar essa informação para outras máquinas. A IoT está na origem das tecnologias smart-cities, smart-grids, smart-farms,

entre outros, e a criação de um nível de informação sobre o processo produtivo deu origem à Indústria 4.0, onde os processos de decisão envolvem pessoas e máquinas. Avanços tecnológicos como o 5G potenciarão ainda mais a transmissão de dados e a sua exploração ubíqua por uma vasta gama de dispositivos.

A capacidade de as máquinas explicarem como chegaram a uma decisão é fundamental para um clima de confiança. Por outro lado, grande parte da economia desenvolve-se num universo virtual. Qualquer empresa tem um site na web, e algumas grandes empresas, como Facebook, Netflix, Airbnb, Uber, entre outras, só existem na web. Todas as empresas estão acessíveis 24/7 nos nossos smartphones. As interações com os utilizadores são monitorizadas no sentido de criar os seus perfis: gostos, preferências, receios, etc. Estes perfis podem ser utilizados para marketing, para fazer recomendações ou influenciar o sentido do voto. No universo digital, onde não existem fronteiras, conceitos como privacidade, "público" e "privado", questões de ética e regulação têm de ser repensados [4].

#### Referências

1. Newell, A., Shaw, J.C., Simon, H.A. (1959). Report on a general problem-solving program. Proceedings of the International Conference on Information Processing. pp. 256-264.
2. Thrun S. et al, Stanley, The robot that won the DARPA Grand Challenge. J. Field Robotics 23(9): 661-692 (2006).
3. Manyika S., Chui M., Brown B., Bughin J., Dobbs R., Roxburgh C., and Byer A. (2011). Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity, McKinsey Global Institute, Technical Report.
4. High-Level Expert Group on AI, Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence, European Commission, 2019.

Figura 1 - Stanley Touareg autónomo.



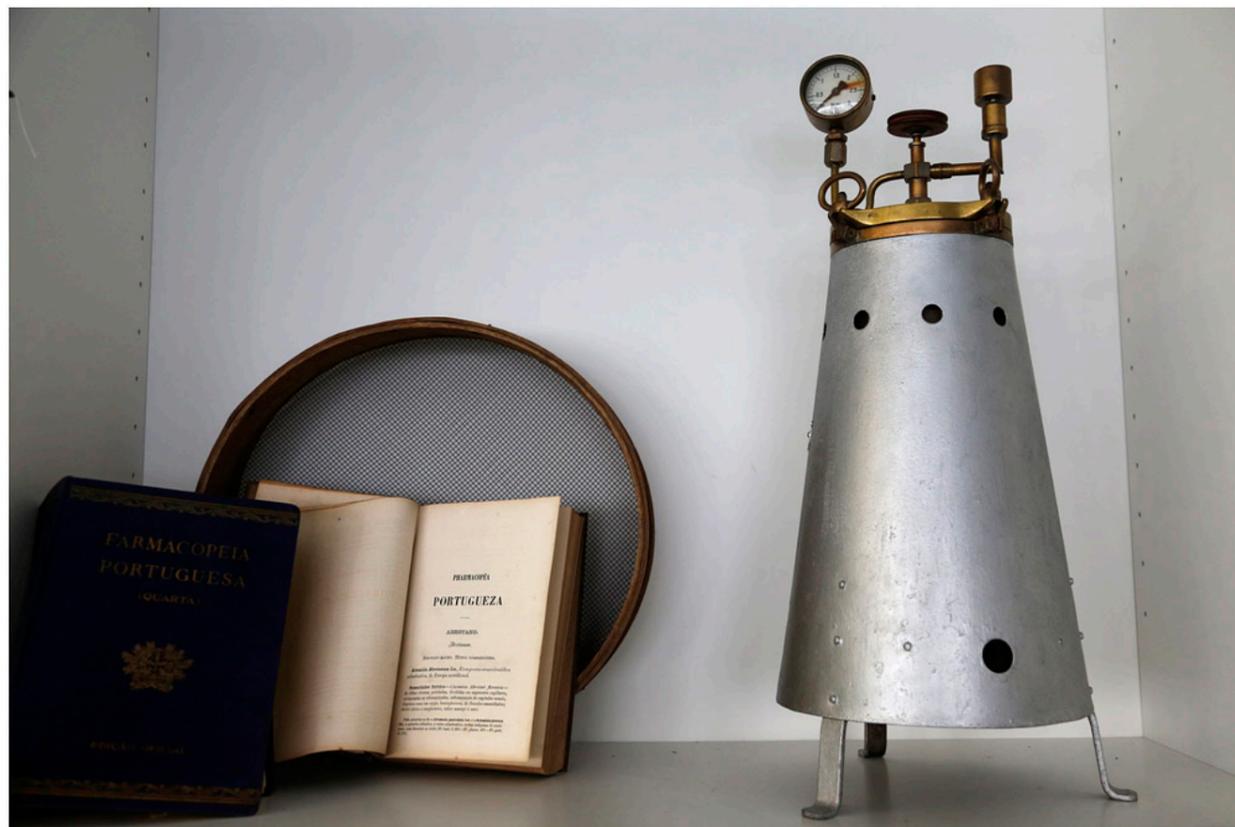
Livro "Farmacopeia Portuguesa"

© Renato Roque – Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, 2016



Frascos de tinturas e outros preparados

© Renato Roque – Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, 2016



# A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E A FASE DOS PORQUÊS

O recente desempenho notável da Inteligência Artificial (IA), suportado em técnicas de Aprendizagem Profunda, criou expectativas sobre o seu potencial transformador positivo na sociedade. Contudo, as questões éticas e morais ressurgiram também com grande intensidade. A IA interpretável emerge como uma resposta parcial a estas preocupações e à necessária melhoria contínua.

JAIME S. CARDOSO<sup>(1,2)</sup>,

LUÍS F. TEIXEIRA<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> INESC TEC;

<sup>(2)</sup> FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

jaime.cardoso@inesctec.pt

luis.f.teixeira@inesctec.pt

A chamada "idade dos porquês" é um período clássico e habitual no desenvolvimento das crianças. A criança, ávida de conhecer o mundo que a rodeia, começa a questionar o adulto sobre tudo o que quer compreender; o adulto, com paciência e respeito, ajuda-a a esclarecer as suas dúvidas, contribuindo assim para o seu processo de aprendizagem.

Será excitante quando a Inteligência Artificial (IA) desempenhar esse papel do adulto e nós, o da criança que quer aprender. Quando a inteligência artificial estiver suficientemente desenvolvida poderá, explicando as suas decisões, contribuir para o nosso próprio crescimento intelectual.

Até lá, ainda existe um longo caminho a percorrer. A IA ainda erra. Por isso, muito do trabalho atual de interpretar a decisão automática tem como objetivo compreender o erro para melhorar o algoritmo de decisão e aumentar a nossa confiança na máquina. É interessante verificar que, em alguns domínios 'fechados', apesar de decidir globalmente bem, muito bem, a máquina comete erros 'infantis' e é facilmente manipulada. Este comportamento estatisticamente positivo, mas com casos individuais aberrantes, levanta dúvidas sobre os conceitos que o algoritmo integrou; são dúvidas que importa dissipar e ultrapassar.

Muito do trabalho atual em IA versa os ditos algoritmos de Aprendizagem Profunda (Deep Learning). A Aprendizagem Profunda é uma área específica da aprendizagem automática, onde os algoritmos de aprendizagem geram modelos a partir dos padrões encontrados nos exemplos que são processados. Uma das diferenças mais evidentes da Aprendizagem Profunda é que, para além de serem aprendidos modelos de decisão, também são aprendidos modelos de representação dos dados. Ou seja, é aprendido um modelo que transforma os dados de entrada, por exemplo uma imagem, numa representação abstrata de conceitos representativos dessa imagem. O desempenho alcançado por estes algoritmos é notável, sendo o estado da arte em vários domínios, por exemplo em análise de imagem médica, capaz de desafiar os especialistas nas suas próprias áreas. Há, no entanto, um obstáculo à interpretação do processo de decisão desses modelos - a sua opacidade. A sua elevada complexidade e elevada abstração tornam a decisão automática de difícil interpretação pelos humanos, sejam estes especialistas ou leigos em medicina ou em IA. Numa tentativa de ultrapassar essa dificuldade, a IA interpretável tenta justificar uma decisão com base em informação complementar. Por exemplo, podem ser evidenciadas as regiões da imagem mais relevantes para a tomada de decisão. Os algoritmos de 'interpretação' fornecem um mapa de relevância (representado por uma imagem) onde são identificadas as zonas que condicionaram a decisão. O cálculo destes mapas pode ser feito de formas diversas, mas sempre tentando imputar a responsabilidade da decisão às diferentes

entradas do modelo. Por exemplo, se o modelo previu cancro com probabilidade de 80% baseado num mamograma, os modelos de interpretação vão tentar responsabilizar as diferentes regiões da imagem por essa decisão. Que regiões contribuíram de forma mais significativa para a previsão de cancro? Existem várias partes interessadas na resposta a esta questão: os especialistas em IA que desenvolvem e treinam os modelos e os utilizadores finais do modelo, por exemplo os radiologistas. Nem sempre a mesma interpretação da decisão é igualmente útil para todos os consumidores da interpretação e por isso é necessário adequar as técnicas da IA interpretável a quem vai tirar partido desta informação. Por exemplo, a informação visual poderá não ser suficiente e outras formas de explicação são úteis para a melhor compreensão do processo de decisão, tais como um texto descritivo ou um conjunto de exemplos similares. Atualmente, estas interpretações, apesar de ainda bastante básicas, já são úteis para diagnóstico e melhoria do próprio algoritmo de IA. Se a interpretação realçar na imagem zonas fora do pulmão como relevantes para um diagnóstico de pneumonia baseado num raio-X, provavelmente o algoritmo de IA, mesmo tendo decidido bem, terá "raciocinado" mal. Se a análise de um algoritmo de AI de apoio ao recrutamento de recursos humanos revela que este está a favorecer os homens em relação às mulheres, há um viés que importa remover. O Workshop em "iMIMIC - Interpretability of Machine Intelligence in Medical Image Computing", que organizámos no dia 4 de outubro como parte da conferência International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI), foi revelador da dinâmica da área, do potencial e das virtudes destas abordagens. Contudo, foi também revelador das limitações e do muito que ainda falta fazer. Sendo as explicações / interpretações elas próprias geradas por um algoritmo de IA automático, também este tem limitações e erros. As explicações também podem ser manipuladas. Por exemplo, um algoritmo pode usar a origem do cliente como característica que condiciona a concessão de crédito e uma explicação que não a usa para explicar a decisão. Noutra direção, é importante generalizar as explicações para casos para além da classificação. Como explicar que a previsão para o valor de venda da casa é de €437,52K e não outro valor qualquer? Qual é a explicação adequada neste caso? Ainda noutra direção, como explicar uma decisão suportada simultaneamente em múltiplas fontes de informação (áudio, texto, vídeo)? A área da interpretabilidade da IA está a dar os primeiros passos. Ainda nos falta um longo caminho pela frente, a ser trilhado com otimismo, passo a passo. Este progresso conjunto, ora focado na melhoria da decisão, ora focado na explicação da decisão, está a permitir um crescimento mútuo das soluções para ambas as tarefas, em que todos saímos a ganhar. Não é utópico querer aprender com a máquina.

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA DETEÇÃO DE COVID-19 EM IMAGENS DE RAIO-X

A Inteligência Artificial pode ajudar na linha da frente no combate à COVID-19. Tecnologia inovadora possibilita a deteção automática de achados imagiológicos de COVID-19 em imagens de raio-X, apoiando os médicos no processo de decisão e assim otimizando o acompanhamento do paciente.

**GUILHERME ARESTA<sup>(1)</sup>,**

**CARLOS FERREIRA<sup>(1)</sup>,**

**JOÃO PEDROSA<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> INESC TEC

guilherme.m.aresta@inesctec.pt

carlos.a.ferreira@inesctec.pt

joao.m.pedrosa@inesctec.pt

A pandemia da COVID-19, provocada pelo vírus SARS-COV-2, teve um efeito devastador no nosso quotidiano, na saúde pública e na economia. Este vírus é altamente transmissível, causando tosse, febre e fadiga, pode em alguns casos evoluir para uma infeção severa das vias respiratórias e chega a ser fatal. A radiografia convencional (raio-X) ajuda a aferir o grau de desenvolvimento da infeção das vias respiratórias provocada pelo SARS-COV-2 e, conseqüentemente, determinar a estratégia de seguimento e tratamento do paciente. Dada a complexidade da tarefa, os radiologistas desempenham um papel fundamental neste processo. Contudo, em situações de grande afluência de pacientes, os especialistas nem sempre têm o tempo necessário para analisar as imagens de raio-X. Por outro lado, o número de radiologistas disponíveis é escasso o que conduz, em muitas situações, a que as imagens sejam analisadas por clínicos e internos com menor experiência. Deste modo, torna-se importante o recurso a metodologias de Inteligência Artificial para a análise de imagens radiológicas e o apoio da decisão clínica.

## **O raio-X como método complementar de diagnóstico de COVID-19**

A radiografia convencional é um método de imagem médica que permite visualizar o interior do corpo do paciente de uma forma indolor e não invasiva. No caso particular do rastreio e seguimento da infeção provocada pelo SARS-COV-2, existe particular interesse em analisar os pulmões dado que a COVID-19 afeta maioritariamente as vias respiratórias. O objetivo de radiografar a região do tórax é perceber o grau de desenvolvimento da doença e, juntamente com outros fatores como a existência de outras doenças agudas ou crónicas, determinar a estratégia de seguimento e tratamento do paciente. Note-se, porém, que os sintomas da patologia nem sempre são visíveis nas radiografias, principalmente no início da infeção. O raio-X torácico serve, por isso, como um complemento ao teste de diagnóstico à COVID-19 feito com zaragatoa.

## **A Inteligência Artificial como auxiliar do radiologista**

A análise de radiografias do tórax tem de ser feita por técnicos especializados. A experiência dos radiologistas é essencial para análise dos efeitos da COVID-19, dado que esta causa um conjunto de manifestações na imagem que tornam a sua distinção de outras doenças, como as pneumonias causadas por bactérias e outros vírus, difícil. A sobrecarga laboral dos radiologistas, juntamente com o cansaço e o medo de errar, ou a análise das imagens por clínicos não especialistas, podem levar a falhas na deteção de manifestações nas imagens, ou até diagnóstico excessivo, o que poderá representar atrasos no diagnóstico e acompanhamento apropriado dos pacientes.

As tecnologias de análise de imagem médica, com base em Inteligência Artificial, podem contribuir para melhorar a análise das imagens de raio-X, propondo uma segunda opinião objetiva e assim ajudar no combate à COVID-19. Genericamente, estas técnicas baseiam-se na extração de características associadas à patologia (como, por exemplo, a diferença de volumes entre o pulmão esquerdo e direito do paciente), que são depois processadas e combinadas com o objetivo de prever o risco de o paciente estar infetado.

## Como funciona o CXR\_AI4COVID-19?

O algoritmo desenvolvido pelo INESC TEC, chamado CXR\_AI4COVID-19, tem como base métodos de Aprendizagem Profunda (Deep Learning). Esta tecnologia tem sido utilizada com sucesso para resolver problemas que necessitam de análise automática de imagens (por exemplo, a identificação de matrículas ou condução autónoma) e tem vindo, mais recentemente, a tornar-se comum para o desenvolvimento de métodos de apoio à decisão em ambiente hospitalar.

Uma das grandes vantagens do Deep Learning relativamente a outras técnicas de Inteligência Artificial é que não requer a escolha das características relacionadas com a imagem que devem ser analisadas. Ao invés, o sistema aprende automaticamente as características mais relevantes da imagem para o diagnóstico. Para tal, é analisada uma grande quantidade de imagens, idealmente na ordem dos milhares. Estas imagens têm, não só de ser representativas das diferentes manifestações da COVID-19, mas também de pacientes saudáveis ou com outras patologias. O processo de aprendizagem das características da imagem relevantes para o diagnóstico é feito incentivando o sistema a acertar no maior número de casos sem e com COVID-19. À medida que o sistema "vê" as imagens de raio-X, tenta prever quais têm (ou não) COVID-19 e recebe informação de quantas imagens acertou, e quais. Deste modo, consegue aprender quais as características da imagem que estão a levar às previsões corretas e reforçar a aprendizagem dessas características. Por outro lado, se o erro de previsão aumentar, então as características que estão a ser extraídas não estão corretas e o sistema é incentivado a procurar outras soluções. Com dados suficientes, as características da imagem aprendidas tornam-se representativas da patologia em geral, permitindo assim o diagnóstico automático.

Apesar da grande capacidade das tecnologias de Deep Learning, a sua utilização tem desvantagens em relação a tecnologias menos complexas. Para além de serem necessárias grandes quantidades de imagens, a grande maioria das técnicas de Deep Learning funciona fornecendo à entrada uma imagem e devolvendo uma probabilidade de presença de patologia à saída. Este comportamento leva a que não seja possível interpretar, pelo menos de uma forma trivial, as características

que foram aprendidas pelo sistema. Isto leva a que seja preciso ser muito cuidadoso na análise dos resultados obtidos - por exemplo, estará o sistema realmente a aprender manifestações associadas a COVID-19, ou apenas que pacientes que fazem radiografias enquanto intubados têm maior probabilidade de estarem infetados com SARS-COV-2? De facto, este tipo de comportamento leva muitas vezes a promessas infundadas de desempenho sobre-humano, que caem por terra quando começam os testes em ambiente clínico.

A abordagem do CXR\_AI4COVID-19 foi então desenhada de modo a evitar estas limitações do Deep Learning, tornando as decisões do sistema mais transparentes. Assim, o radiologista ou um clínico recebe não só a decisão do sistema em termos de presença de manifestações de COVID-19, mas também quais as regiões da imagem que levaram a essa decisão (ver Figura 1) conseguindo assim avaliar se a previsão do sistema é justificada.

Em conversa com os radiologistas envolvidos no desenvolvimento do sistema, estes consideram que, neste projeto, em que "colocamos a Medicina e a Engenharia a caminhar lado a lado", há o potencial de "criar uma ferramenta de diagnóstico útil e poderosa na prática clínica, ao auxiliar os médicos na deteção de COVID-19 nas radiografias torácicas". Mais ainda, que sistemas deste tipo são, cada vez mais, "a Radiologia do futuro".

Para perceber se o CXR\_AI4COVID-19 está preparado para ser testado em ambiente clínico, foi feita uma validação inicial do sistema com radiografias de diferentes hospitais e centros clínicos nacionais e internacionais, em particular o Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia e Espinho (CHVNGE), onde o sistema será testado. Para tal, foi pedido a dois radiologistas que fizessem o diagnóstico da COVID-19 apenas com acesso à radiografia de 1861 pacientes. Posteriormente, o seu desempenho foi comparado com o CXR\_AI4COVID-19, que demonstrou potencial para ter uma capacidade de diagnóstico semelhante aos radiologistas. Por isso, o CXR\_AI4COVID-19 vai agora ser testado na prática clínica do CHVNGE, onde contribuirá com uma segunda opinião de fácil interpretação em relação à presença de manifestações de COVID-19 em imagens de raio-X do tórax e, espera-se, poderá ajudar no combate a esta pandemia.

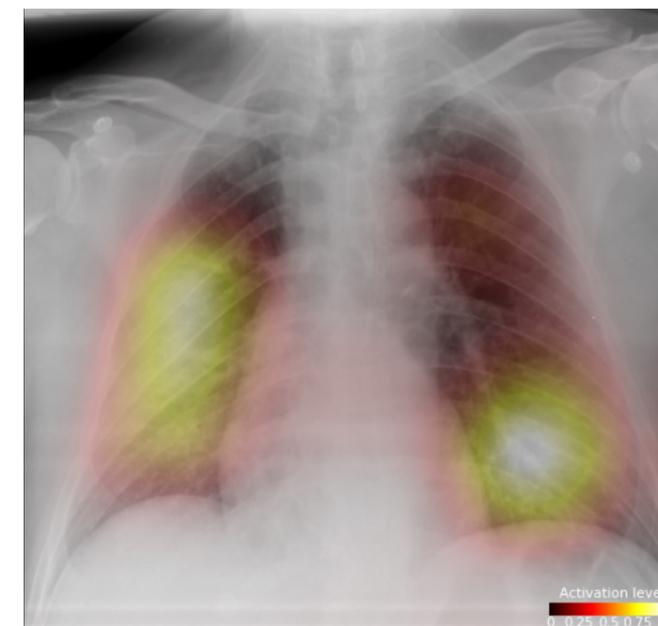
**Figura 1.** Exemplos da resposta do sistema de Inteligência Artificial (coluna da direita) e correspondentes imagens de entrada (coluna da esquerda).

### IMAGEM DE ENTRADA NO SISTEMA



Diagnóstico: COVID-19

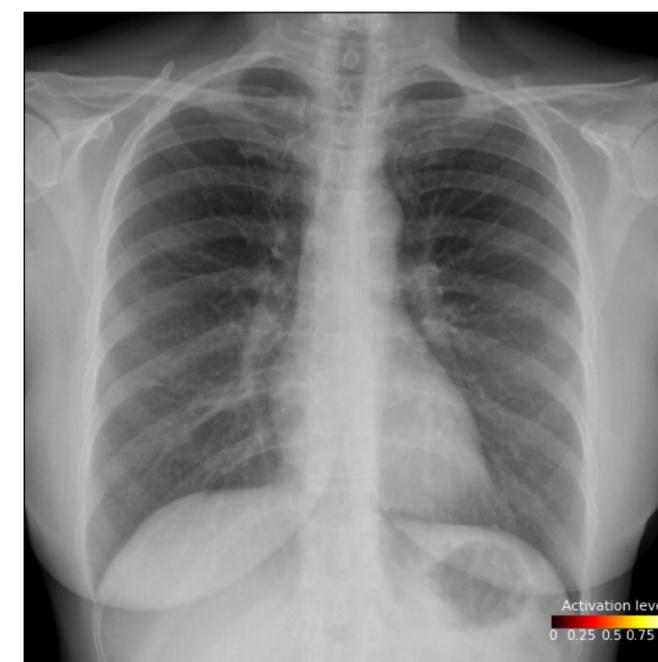
### EXPLICAÇÃO DO SISTEMA



Previsão do sistema: COVID-19



Diagnóstico: Sem COVID-19



Previsão do sistema: Sem COVID-19



Gobelés, balões volumétricos  
e outros instrumentos de  
laboratório

© Renato Roque – Hospital  
Joaquim Urbano, Porto, 2016



Copo gobelé de laboratório

© Renato Roque – Hospital  
Joaquim Urbano, Porto, 2016

# A CIÊNCIA DOS DADOS E A APRENDIZAGEM COMPUTACIONAL AO SERVIÇO DA DECISÃO CLÍNICA ONCOLÓGICA\*

As instituições de saúde, e os hospitais em particular, lidam diariamente com um objecto de valor incalculável: dados. Se esses dados puderem ser extraídos dos registos clínicos e originar modelos de machine learning de apoio à decisão clínica, abrem-se novas possibilidades para a prática clínica, para a investigação, mas sobretudo para os pacientes.

**CATARINA SANTOS<sup>(1,2)</sup>,  
MÁRIO AMORIM LOPES<sup>(1,2)</sup>**

<sup>(1)</sup> INESC TEC;

<sup>(2)</sup> FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

catarina.s.santos@inesctec.pt

mario.a.lopes@inesctec.pt

\*Artigo escrito de acordo com a antiga ortografia

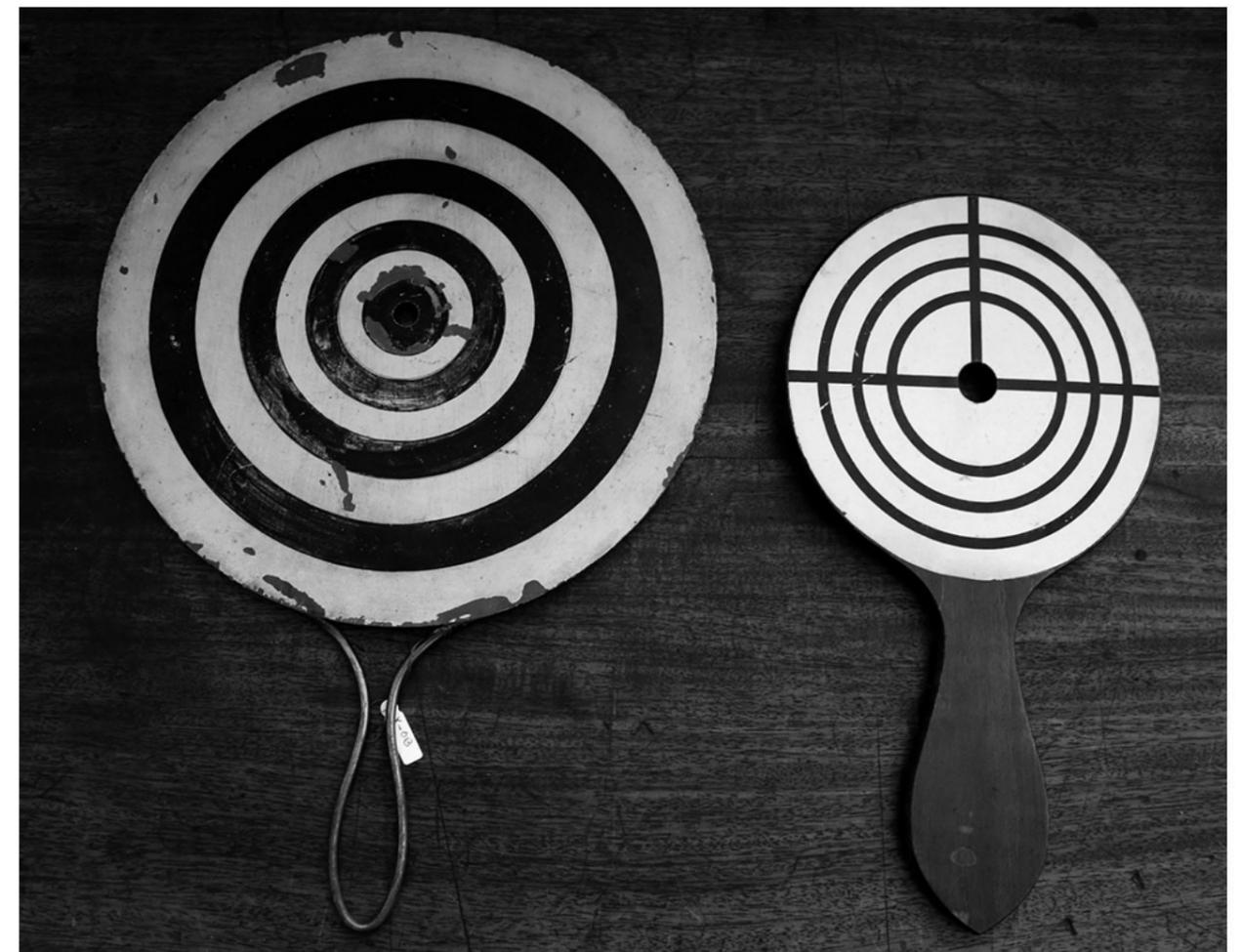
Apesar da evolução constante em oncologia, demonstrada através da disponibilidade de novas opções terapêuticas, o cancro continua a ser uma das doenças com maior prevalência (affectava, em 2017, cerca de 233 milhões de pessoas em todo o mundo) e uma das principais causas de morte nos países desenvolvidos, o que gera um enorme fardo social e económico. De facto, com um custo anual de mais de 199 biliões de Euros só na Europa – e com uma porção significativa dessa quantia a ser gasta exclusivamente em medicação –, encontrar uma cura para o cancro tem-se mostrado um processo extremamente complexo, moroso e dispendioso. Como parte dos procedimentos para diagnóstico e tratamento de pacientes é necessária a recolha diária, por parte dos profissionais de saúde, de enormes quantidades de dados. Esta informação é armazenada no processo clínico do paciente, e engloba os indicadores do seu estado geral de saúde, histórico, exames e diagnósticos, notas de acompanhamento médico, entre muitos outros. Esta informação, que aporta um enorme valor clínico, mas também científico, é geralmente guardada em texto livre, o que torna difícil a sua utilização para os mais diversos fins, incluindo tratamento estatístico ou tomada de decisão clínica. Mais grave ainda, dificulta a tarefa do médico, pois tem de analisar enormes volumes de texto, e leva a erros como duplicação de exames.

O projeto de investigação Mine4Health tem o objetivo de ajudar a resolver ou, pelo menos, minimizar os problemas descritos acima, através de dois principais contributos. Primeiro, através de uma abordagem de processamento de linguagem natural, visa converter o texto livre presente nos registos clínicos em blocos estruturados e organizados cronologicamente, guardados numa base de dados, para que se transformem na narrativa clínica de cada doente e possam, posteriormente, ser aproveitados para fins clínicos, de investigação e de gestão. Já o segundo contributo é mais ambicioso. O objectivo é utilizar os resultados sistematizados da etapa anterior, desenvolver e aprimorar modelos de Aprendizagem Computacional e de Inteligência Artificial para que possam ser usados para o apoio à decisão clínica, em particular para prever a resposta a tratamentos (modelos preditivos) ou sugerir procedimentos e acções (modelos prescritivos), tendo em conta as características individuais de cada paciente, incluindo a sua faixa etária, género, etnia, comorbilidades, condições prévias e perfil biológico. Neste âmbito, o desenvolvimento de novos modelos pode tornar-se num importante aliado no combate contra o cancro — desde que os dados existam e possam ser usados. A Figura 1 ilustra esta ideia.



O disco de Plácido - Instrumento idealizado por [António Plácido Costa](#) (1848-1916) para analisar a curvatura da córnea.

© Renato Roque – Museu de História da Medicina Maximiano Lemos da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, 2016



Apesar de já existirem trabalhos científicos dedicados a este tema, estes são limitados a nível nacional, e tendem a recorrer a pequenos conjuntos de dados, o que restringe a utilidade dos resultados obtidos. Assim, a principal vantagem deste projeto é, em parceria com o IPO Porto – o maior hospital oncológico de Portugal, e um dos maiores da Europa –, ter permitido a obtenção (de forma anonimizada e confidencial) de mais de 10 anos de registos médicos, que se traduzem em informação sobre 795 808 pacientes distintos e 7 791 918 episódios clínicos, e mais de 2000 registos criados e actualizados diariamente.

Como contributo para a sociedade, esperamos que os métodos desenvolvidos no contexto deste projecto possam ajudar os profissionais de saúde no processo de decisão clínica, explorando assim o potencial da experiência clínica do IPO Porto, e auxiliando a tomada de decisão com recomendações e diretrizes específicas para cada paciente. Entre muitas outras possíveis aplicações, esta ferramenta pode auxiliar na estratificação dos doentes quanto ao risco de sofrer recidivas, desenvolver metástases ou ser submetido a um certo tratamento ou intervenção, e reduzir a necessidade de realizar procedimentos exploratórios

invasivos. Ao ser baseada em toda a informação relevante e apresentar sugestões o mais actuais possível – isto é, de acordo com as técnicas oncológicas mais recentes e cientificamente validadas –, esta ferramenta tem o potencial de evitar gastos desnecessários através da redução significativa da quantidade de diagnósticos errados e da prescrição de medicação incorreta, de reduzir a carga de trabalho sofrida pelos clínicos e, até, de detectar marcadores subtis que poderiam não ser considerados tipicamente pelos médicos. Os produtos deste trabalho podem, também, ser transferidos para outros centros oncológicos, assim como para hospitais generalistas com valências de oncologia, nacionais e internacionais, o que estimulará práticas de partilha entre centros e facilitará a investigação oncológica no futuro. Finalmente, e não obstante todos os ganhos de eficiência, esta ferramenta pode traduzir-se em diagnósticos mais rápidos e mais precisos, tratamentos personalizados de acordo com os traços biológicos do paciente e do seu cancro específico, uma melhor compreensão do seu diagnóstico e opções terapêuticas, e uma maior qualidade de cuidados de saúde para toda a população.

## TEMA ESPECIAL - CIÊNCIA DE DADOS, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SAÚDE

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO RASTREIO DA RETINOPATIA DIABÉTICA

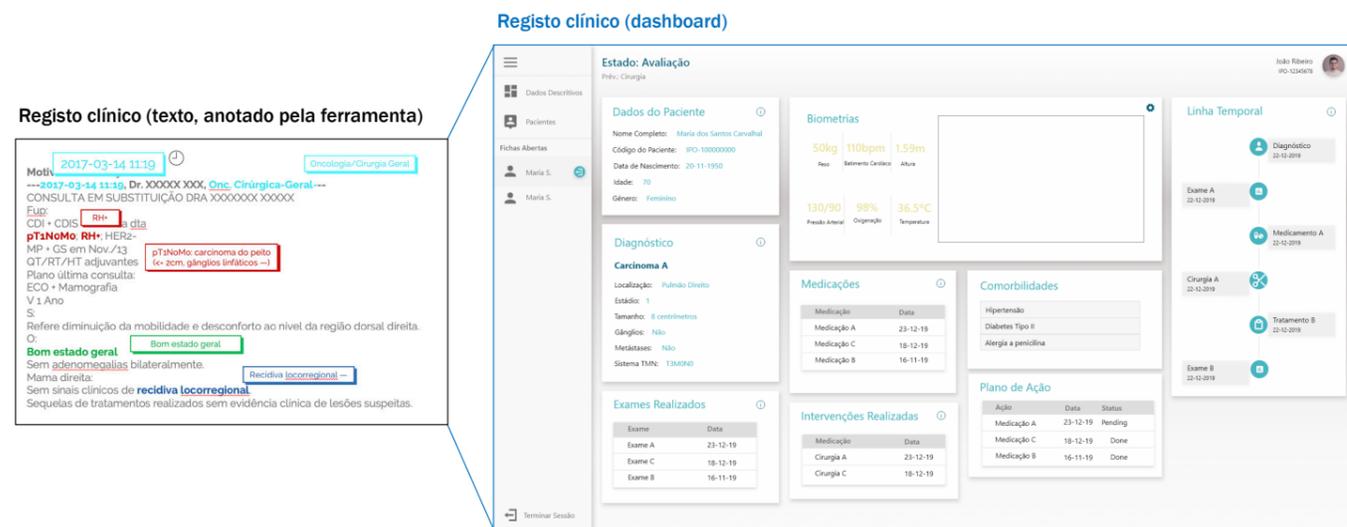


Figura 1. Exemplo da extracção de informação clínica estruturada e do seu uso para a criação de dashboards.

A utilização da Inteligência Artificial pode vir a ser essencial numa realidade onde a mão de obra especializada não consegue dar resposta às necessidades. Este artigo descreve os desafios e soluções encontrados para fazer face ao diagnóstico de retinopatia diabética considerando o aumento da prevalência de diabetes na população portuguesa

TERESA ARAÚJO<sup>(1)</sup>,  
PEDRO COSTA<sup>(1)</sup>,  
CATARINA CARVALHO<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> INESC TEC;  
teresa.f.araujo@inesctec.pt  
pedro.v.costa@inesctec.pt  
catarina.b.carvalho@inesctec.pt

## A diabetes e a retinopatia diabética

A diabetes é uma doença metabólica caracterizada por elevados níveis de glicose no sangue durante longos períodos de tempo. É uma das doenças com maior crescimento a nível mundial e afeta atualmente 415 milhões de pessoas em todo o mundo, estimando-se que em 2040 esse número passe a ser de 642 milhões de pessoas. Portugal regista uma das mais elevadas taxas de prevalência da diabetes na Europa, sendo que 13,3% dos portugueses na faixa etária entre 20 e os 79 anos têm diabetes, o que corresponde a mais de 1 milhão de pessoas.

A retinopatia diabética (RD) é uma complicação da diabetes, que afeta mais de 25% da população diabética, e que é caracterizada por danos nos vasos sanguíneos da retina (camada do olho onde são formadas as imagens que vemos). Trata-se de uma patologia silenciosa que diminui gradualmente a acuidade visual dos pacientes, sendo a principal causa de cegueira na população em idade ativa. Contudo, pode ser tratada com sucesso se for diagnosticada numa fase inicial. Os atuais rastreios de RD feitos por todo o país são essenciais para identificar atempadamente casos desta doença e evitar a sua progressão.

## O rastreio da retinopatia diabética

Durante o rastreio da RD, são capturadas fotografias do fundo dos olhos do paciente. O procedimento é não invasivo, uma vez que os olhos são como janelas para o corpo, que nos permitem observar de forma direta os vasos sanguíneos e detetar doenças como a RD. O diagnóstico da RD é realizado através da deteção de várias lesões na retina, como microaneurismas, hemorragias, exudados e neovasos (Figura 1). De acordo com a presença e quantidade dos diferentes tipos de lesões, pode ser associado ao paciente um grau de severidade de RD.

Anualmente uma parte apreciável da população diabética é examinada em unidades de cuidados de saúde primários. No norte de Portugal, a Administração Regional de Saúde do Norte (ARSN) é a entidade responsável por gerir e implementar o processo de rastreio da RD. As imagens adquiridas (retinografias) são armazenadas no arquivo da ARSN, sendo a primeira decisão médica tomada no Centro de Leitura, onde oftalmologistas analisam as retinografias e concluem acerca da sua normalidade. Se a retinografia for normal, recomenda-se um novo rastreio ao doente após um ano. Se for anormal, o oftalmologista determina a severidade da patologia e o doente é encaminhado para tratamento. A prática de rastreio atual implica que os oftalmologistas do Centro de Leitura analisem todas as imagens, incluindo as com má qualidade, impossíveis de diagnosticar, e imagens sem sinais de patologia, que representam cerca de 80% do número total de imagens adquiridas.

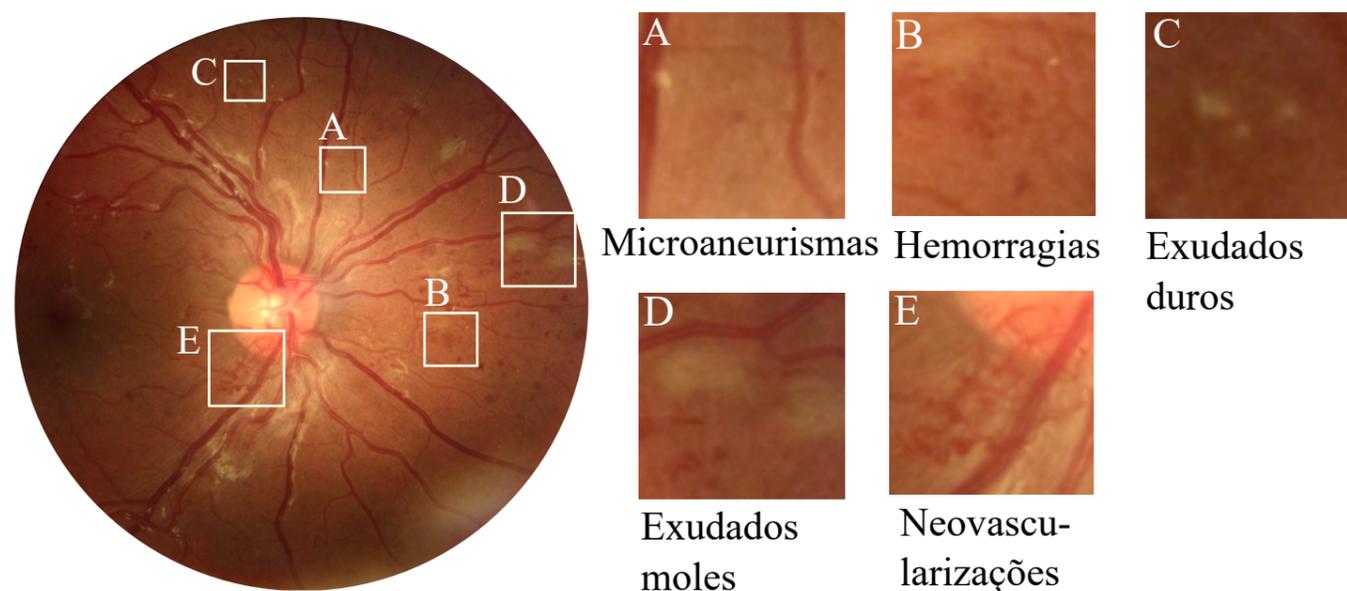
## A plataforma SCREEN-DR: inteligência artificial para diagnóstico da RD

O aumento da prevalência de diabetes coloca alguns desafios aos processos de rastreio da RD visto que têm de estar preparados para acomodar uma população em constante crescimento. Para ajudar os oftalmologistas neste processo, automatizando parte dele e reduzindo a carga de trabalho dos especialistas e a subjetividade do diagnóstico de RD, o INESC TEC desenvolveu a plataforma SCREEN-DR (Figura 2).

O SCREEN-DR oferece duas soluções avançadas de Inteligência Artificial (IA): uma para a avaliação da qualidade da imagem (EyeQualDR) e outra para a deteção da normalidade (EyeDetectDR). Além disso, é ainda fornecida uma ferramenta que permite classificar as imagens patológicas de acordo com a severidade da RD (EyeCadDR). Esta ferramenta auxilia o oftalmologista na tomada de decisão, funcionando como uma segunda opinião.

Nos casos em que as imagens adquiridas apresentam má qualidade, o EyeQualDR aconselha o técnico a realizar uma nova captação de imagens. Já as imagens com boa qualidade são armazenadas na ARSN e processadas pelo EyeDetectDR, que distingue as imagens normais das patológicas. As imagens patológicas são classificadas a posteriori por um oftalmologista, com o auxílio do EyeCadDR. Ao retirar do conjunto de imagens a observar aquelas que correspondem a situações não patológicas, a plataforma SCREEN-DR torna o processo de rastreio e diagnóstico da RD mais eficiente.

Os avanços na área de IA, nomeadamente em técnicas de Deep Learning (Aprendizagem Profunda), permitiram obter resultados bastante promissores no diagnóstico automático de imagens médicas. Estas técnicas “aprendem”, tal como os humanos, através de experiência e tentativa e erro. Para isso, o algoritmo observa uma grande quantidade de exames oftalmológicos com o respetivo diagnóstico médico. O algoritmo tenta imitar a decisão do especialista, aprendendo a identificar quais os padrões nas imagens que são sinais da patologia. Seguindo estas abordagens foi possível obter um sistema capaz de identificar simultaneamente quais as imagens que têm qualidade suficiente para serem diagnosticadas e, dessas, quais devem ser encaminhadas para o médico por mostrarem indícios de RD. Este sistema aprendeu com uma grande quantidade de dados de rastreios passados efetuados pela ARSN, contemplando imagens de uma grande diversidade de pacientes e adquiridas por diferentes máquinas, permitindo ao algoritmo obter uma experiência bastante completa. Intuitivamente, quanto mais experiência tem um médico, potencialmente mais acertadas serão as suas decisões, e a mesma lógica pode ser aplicada a este tipo de técnicas de IA.



**Figura 1** - Lesões mais comuns associadas à retinopatia diabética encontradas nas fotografias do fundo do olho. Imagem retirada de <https://doi.org/10.1016/j.media.2020.101715>.

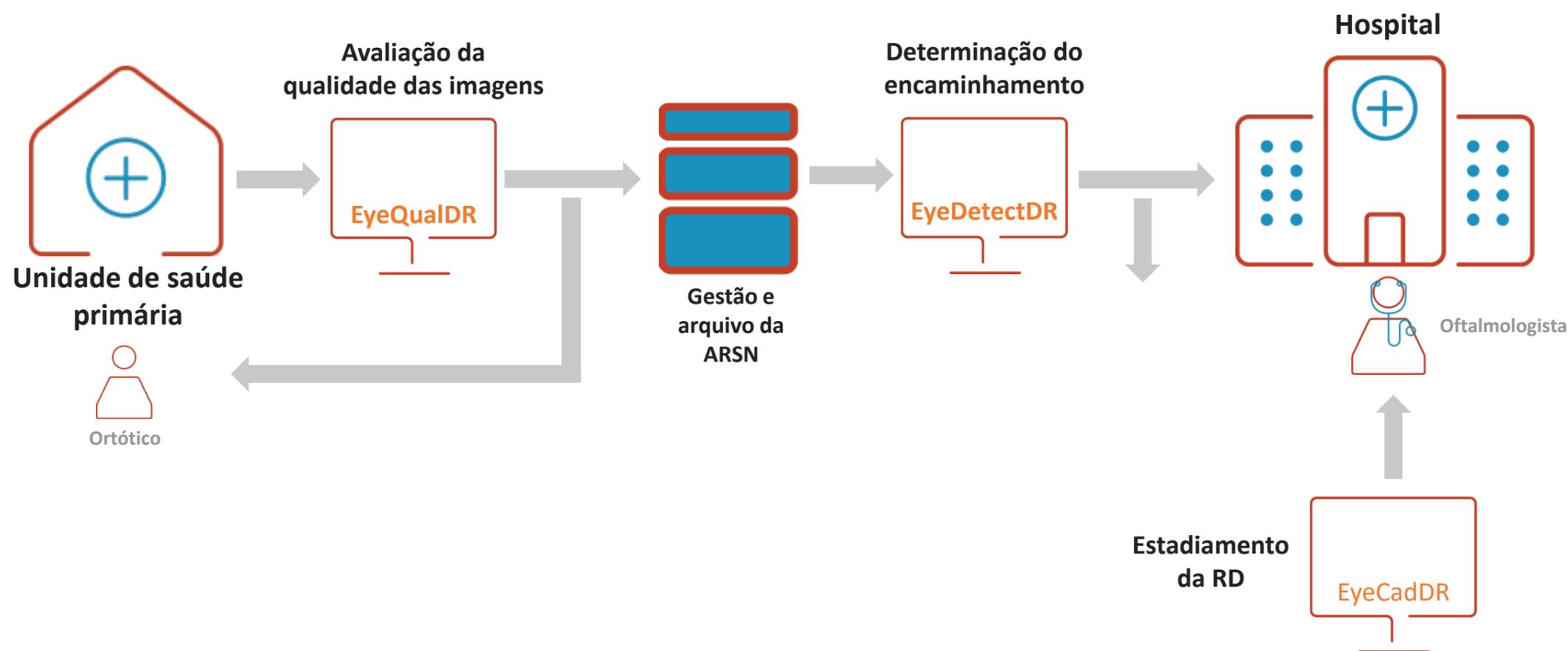
A solução proposta para o estadiamento da doença permite obter um grau de RD, uma explicação associada ao grau e uma incerteza associada ao diagnóstico. Este sistema foi treinado apenas com imagens de fundo de olho e grau de RD associado, atribuído pelos oftalmologistas. A associação de uma incerteza à predição do sistema é de especial relevância no diagnóstico assistido por computador, uma vez que permite estabelecer quais os casos que necessitam de análise adicional por parte dos especialistas. A explicação da decisão do sistema através do realce das regiões da imagem que contribuíram mais para essa decisão permite mitigar o comportamento "caixa-negra" (designação comumente atribuída a um sistema que apenas permite aceder à entrada e saída, sem acesso ao seu interior) associada às redes neuronais profundas, que comumente dificulta a adoção de sistemas automáticos em contextos clínicos. Para avaliar esta solução, comparou-se as predições

dos sistemas de IA com os diagnósticos de vários médicos em exames passados. Verificou-se que o sistema é capaz de identificar pacientes que necessitam de tratamento com um nível de fiabilidade semelhante ao dos médicos, entrando em desacordo com os especialistas na mesma proporção que os próprios especialistas entre eles. Adicionalmente, como o sistema utiliza dados gerados no rastreio de RD, pode continuar a melhorar à medida que mais exames são feitos. Estes resultados sugerem que a implementação deste sistema no processo de rastreio da RD poderia reduzir o número de exames que os especialistas têm que analisar, podendo despende mais tempo no tratamento dos pacientes mais graves. Considerando que só cerca de 10% dos pacientes que são rastreados requerem tratamento, este sistema poderá reduzir em, potencialmente, 90% o número de casos que os médicos especialistas têm que analisar. Sistemas

como este são de especial importância para garantir que os rastreios de RD continuam a ser viáveis no futuro, já que a população diabética está em constante crescimento. O objetivo final é salvar a visão a um maior número de pessoas possível e garantir que podem manter os seus empregos o que se traduz em benefícios económicos para o país, mas, mais importante ainda, permite que mantenham a sua qualidade de vida.

Os médicos oftalmologistas que colaboraram no desenvolvimento do projeto consideram que: "a implementação do SCREEN-DR, que pretende otimizar e simplificar o processo de diagnóstico e identificação de doentes de risco de RD, recorrendo a soluções de rastreio por técnicas de IA, poderá ter um impacto muito positivo na qualidade de vida de muitos doentes diabéticos. Programas como este facilitam em muito a tarefa dos médicos em identificar mais precocemente um maior número de doentes em risco, acelerando assim o seu acesso ao tratamento."

**Agradecimentos**  
Trabalho apoiado parcialmente pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização - COMPETE 2020, e parcialmente por Fundos Nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), no âmbito do projeto SCREEN-DR (CMUP-ERI/TIC/0028/2014).



**Figura 2** - Plataforma SCREEN-DR para diagnóstico da retinopatia diabética.



Medidor de perímetro encefálico

© Renato Roque - Museu de História da Medicina Maximiano Lemos da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, 2016

O disco de Plácido - instrumento idealizado por António Plácido Costa (1848-1916) para analisar a curvatura da córnea

© Renato Roque - Museu de História da Medicina Maximiano Lemos da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, 2016



# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA DIAGNÓSTICO DE CANCRO GÁSTRICO

A deteção de lesões neoplásicas gástricas, designadamente as precoces, pode reduzir a mortalidade associada ao cancro gástrico. Os algoritmos de Inteligência Artificial apresentam hoje uma precisão elevada no apoio a este diagnóstico, motivando a sua integração no apoio à prática clínica num futuro próximo.

**MIGUEL TAVARES COIMBRA<sup>(1)</sup>,  
MÁRIO DINIS-RIBEIRO<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> INESC TEC, FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO;

<sup>(2)</sup> CIDES/CINTESIS, FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

miguel.coimbra@inesctec.pt

mario@med.up.pt

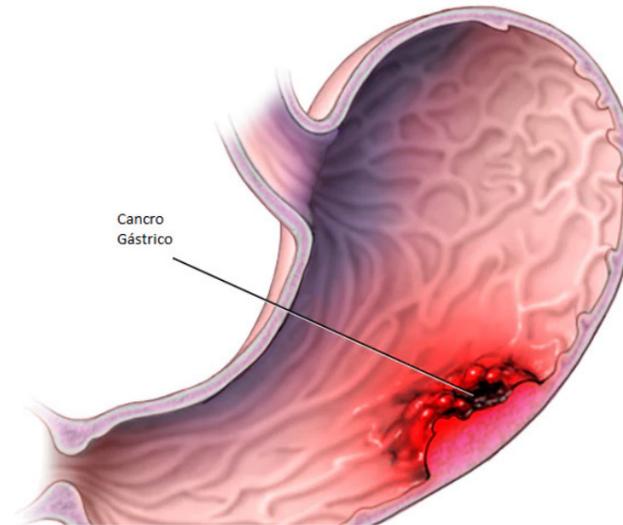


Figura 1 - Formação de cancro gástrico (Adaptado de [2]).

O cancro gástrico (Figura 1) é o terceiro tipo de cancro mais mortal no mundo (860 mil mortes em 2017) e em Portugal ((2,8 mil mortes em 2017) [1]. Prevê-se em 2035 um aumento de 20% na incidência e na mortalidade deste, devido essencialmente a efeitos demográficos e diagnóstico tardio.

O rastreio minimamente invasivo e a endoscopia gastrointestinal (GIE) desempenham um papel primordial no diagnóstico precoce, crucial para a melhoria das taxas de sobrevivência. No entanto, devido a fatores técnicos e cognitivos, o risco de erros de diagnóstico causados por erro humano é significativo, bem ilustrado em exemplos como Pimenta-Melo [3], uma meta-análise de 22 estudos onde é relatada uma taxa de erro de 9% na deteção destas lesões. Isto acontece mesmo com a existência de protocolos bem definidos de mapeamento de estômago, tais como os da ESGE (European Society of Gastrointestinal Endoscopy) – 10 imagens – ou do Japão – 22 imagens.

A Inteligência Artificial e, mais especificamente a Visão Computacional, tem o potencial de mitigar essas limitações, especialmente em duas áreas bem definidas que foram identificadas como fontes relevantes de erros de diagnóstico, e que resultam em grande parte da observação e análise de dados de imagem:

- Deteção de pontos de referência gástricos – O estômago é um órgão difícil de visualizar na sua plenitude. Um especialista tem de manipular remotamente um dispositivo que ilumina, filma e interage com um órgão em forma de bolsa, com paredes deformáveis, e com poucas marcas visuais identificativas. Mesmo para um gastroenterologista experiente, não é fácil ter garantias de que visualizou 100% do tecido gástrico, sendo possível que as lesões identificativas (Figura 2) estejam precisamente nestas regiões não observadas. Como relatado por Pimenta-Melo [3], esta taxa de falhas pode atingir os 9%, o que é um fator muito relevante para as taxas de sobrevivência associadas a esta doença. E se um sistema baseado em Inteligência Artificial permitisse informar, com qualidade, o especialista sobre qual a percentagem de tecido gástrico visualizado durante um exame, e o pudesse guiar para as regiões ainda não observadas?

• Detecção de lesões de cancro gástrico (Figura 2) – Apesar de a endoscopia digestiva alta ser um procedimento padrão, bem estabelecido e praticado, é possível, como referido acima, a falha na deteção de lesões. A título de exemplo, e para médicos ainda em período de aprendizagem, ou em regiões do globo em que esta especialidade não está tão bem desenvolvida, podemos até pensar que no futuro, sistemas baseados em Inteligência Artificial poderão viabilizar a otimização deste procedimento como acontece para a colonoscopia. E se um sistema baseado em Inteligência Artificial permitisse informar, com qualidade, o especialista sobre que tecidos examinados apresentam padrões visuais coerentes com lesões neoplásicas?

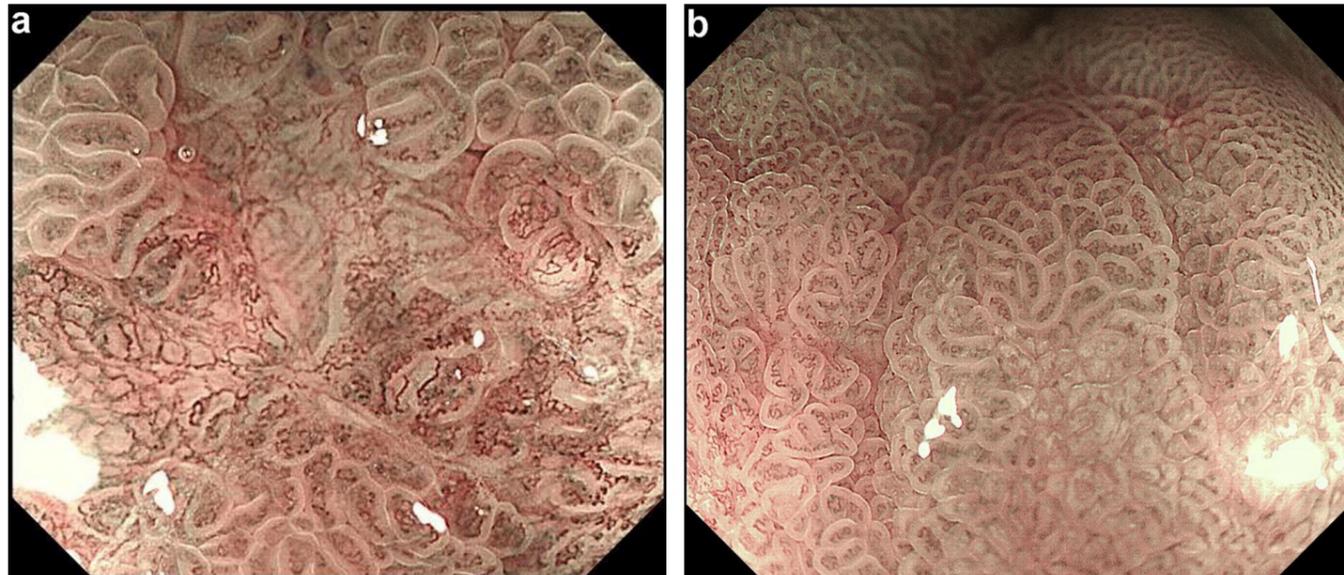
Para melhor percebermos qual a maturidade e atual eficácia de algoritmos de Inteligência Artificial para apoio ao rastreio e diagnóstico do cancro gástrico, foi feita uma análise deste estado da arte através da pesquisa de artigos científicos indexados pela PubMed, EMBASE e Scopus até à data de julho de 2020. Nesta, foram incluídos estudos que relatavam a eficácia diagnóstica de algoritmos de Inteligência Artificial para a deteção e caracterização de lesões do trato gastrointestinal superior, incluindo o estômago, tendo em conta várias medidas de desempenho. Para mais detalhes, sugere-se a consulta do artigo [5] onde este estudo foi publicado.

Os resultados obtidos foram positivos e promissores para o futuro uso destas tecnologias em ambientes clínicos. De uma pesquisa inicial que resultou em 1678 estudos encontrados nesta temática, 19 cumpriam todos os critérios para uma análise quantitativa, exibindo valores já muito elevados de sensibilidade (90%) e de especificidade (89%). Em palavras mais simples, aproximadamente 9 em cada 10 lesões neoplásicas presentes foram corretamente detetadas e identificadas em todas as imagens analisadas pelo algoritmo, e aproximadamente 9 em cada 10 lesões classificadas como neoplásicas pelos algoritmos foram corretamente classificadas. Numa perspetiva mais técnica, a grande maioria dos algoritmos estava baseado nas mais recentes estruturas de redes neuronais profundas, com uma grande variedade de arquiteturas. Apesar destes resultados carecerem ainda de uma validação em ambiente clínico, e do problema da deteção de pontos de referência gástricos estar muito menos desenvolvido do que o de deteção de lesões de cancro gástrico, é inequívoco que a atividade de investigação neste campo, associada aos muito promissores resultados já obtidos, traça um panorama muito positivo para a influência transformadora que a Inteligência Artificial vai muito provavelmente ter no rastreio e gestão de um crescente problema de saúde que é o cancro gástrico.

#### Referências

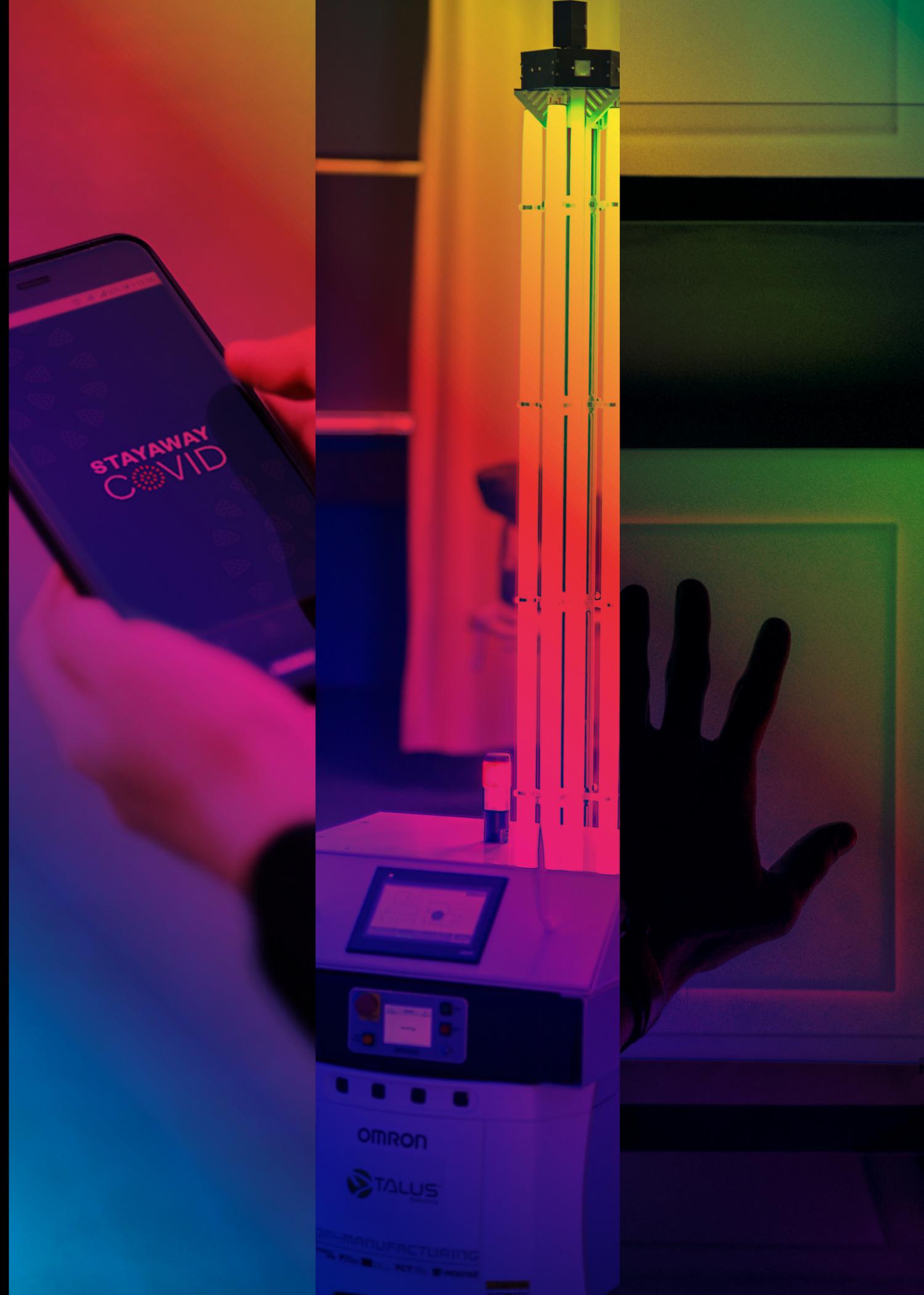
1. Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of Disease Study 2016 (GBD 2016) Cancer Incidence, Mortality, Years of Life Lost, Years Lived with Disability, and Disability-Adjusted Life Years 1990-2016. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2018.
2. Stomach Cancer - Symptoms and Causes – Mayo Clinic.
3. Pimenta-Melo A., Monteiro-Soares M., Libânio D., Dinis-Ribeiro M., Missing rate for gastric cancer during upper gastrointestinal endoscopy: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Gastroenterol Hepatol.* 2016 Sep;28(9):1041-9.
4. Li . et al., Convolutional neural network for the diagnosis of early gastric cancer based on magnifying narrow band imaging, *Gastric Cancer*, 2020.
5. Arribas J., Dinis-Ribeiro M., et al., Standalone Performance of Artificial Intelligence for Upper-GI Neoplasia: a Meta-analysis. *Gut.* 2020 (aceite para publicação).

**Figura 2** - Imagens representativas de lesões da mucosa gástrica, usando Narrow-Band Imaging. A) Imagem diagnosticada como cancro gástrico; B) imagem diagnosticada como lesão não cancerígena. (Adaptado de [4]).





# TEMAS DE ATUALIDADES



# STAYAWAY COVID. RASTREIO DIGITAL DE CONTACTOS PARA A COVID-19\*

RUI OLIVEIRA<sup>(1,2)</sup>,  
JOSÉ MANUEL MENDONÇA<sup>(1,3)</sup>

<sup>(1)</sup>INESC TEC;

<sup>(2)</sup>UNIVERSIDADE DO MINHO;

<sup>(3)</sup>FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

rui.oliveira@inesctec.pt

jose.m.mendonca@inesctec.pt

\*Artigo escrito de acordo com a antiga ortografia

**Numa pandemia, o rastreio de contactos é crucial para interromper as cadeias de transmissão. No entanto, a forma tradicional de o fazer tem limitações que podem ser colmatadas por uma ferramenta digital se devidamente adoptada pela população e integrada com os serviços de saúde. A STAYAWAY COVID é a resposta do INESC TEC a esse desafio.**

Um vírus é um parasita cujo objectivo de vida é multiplicar-se e dominar o Mundo. Para o fazer, está dependente da captura de células de seres vivos, os seus hospedeiros, que lhe proporcionam as condições necessárias para copiar o seu material genético e continuar o seu percurso de infecção e replicação. Para a conquista do mundo, um hospedeiro, por mais vulnerável e colaborante que seja, não é suficiente; o vírus precisa de contagiar mais e mais hospedeiros. Vencer o vírus é impedir que as suas instâncias parem de se replicar. Esta luta é travada pelo sistema imunitário de cada hospedeiro, mas, enquanto não lhe formos totalmente resistentes, resta-nos minimizar a sua transmissão. Para isso, e para não termos que voltar a um confinamento nacional indiscriminado, além das várias medidas individuais de prevenção que adoptamos, o rastreio de contactos, levado a cabo pelos serviços de saúde em qualquer surto infecto-contagioso, é crucial. No caso da COVID-19, porque o vírus é particularmente ardiloso — torna-nos silenciosamente infecciosos uns dias antes de qualquer sintoma e, mesmo sem nunca nada sentirmos, pode manter-nos assim um par de semanas — e porque não temos ainda capacidade de testar frequentemente toda a população, sinalizar rapidamente todos os que foram expostos a doentes infectados assume especial importância. O rastreio de contactos tradicional baseia-se na

memória dos doentes infecto-contagiosos para identificar as pessoas que a eles foram expostas recentemente. A partir dessa identificação, equipas de profissionais de saúde contactam individualmente as pessoas e fazem o seu seguimento clínico. O processo é exigente e moroso, sendo por isso difícil de escalar. O objectivo da STAYAWAY COVID é complementar o rastreio de contactos tradicional, tornando-o independente da nossa memória e permitindo que cada um de nós avalie o seu próprio risco de exposição a infectados com COVID-19. Diariamente, no telemóvel de cada utilizador, a aplicação avalia o seu risco de contacto com as pessoas a quem foi confirmada a infecção pelo Serviço Nacional de Saúde. É actualmente considerado de risco, um contacto a menos de 2 metros e por mais de 15 minutos. Encontrando um destes contactos de risco nos 14 dias anteriores, a aplicação sugere ao utilizador que se isole e contacte as autoridades de saúde. Conceptualmente, o funcionamento da STAYAWAY COVID é simples. Cada telemóvel gera um código numérico à sorte sem qualquer relação com o telemóvel ou o seu utilizador. Estes números são todos diferentes. Cada telemóvel emite várias vezes por segundo o seu código que é recebido por telemóveis que disponham da aplicação e estejam num alcance de umas dezenas de metros. O telemóvel receptor consegue estimar com razoável precisão se os emissores do código estiveram

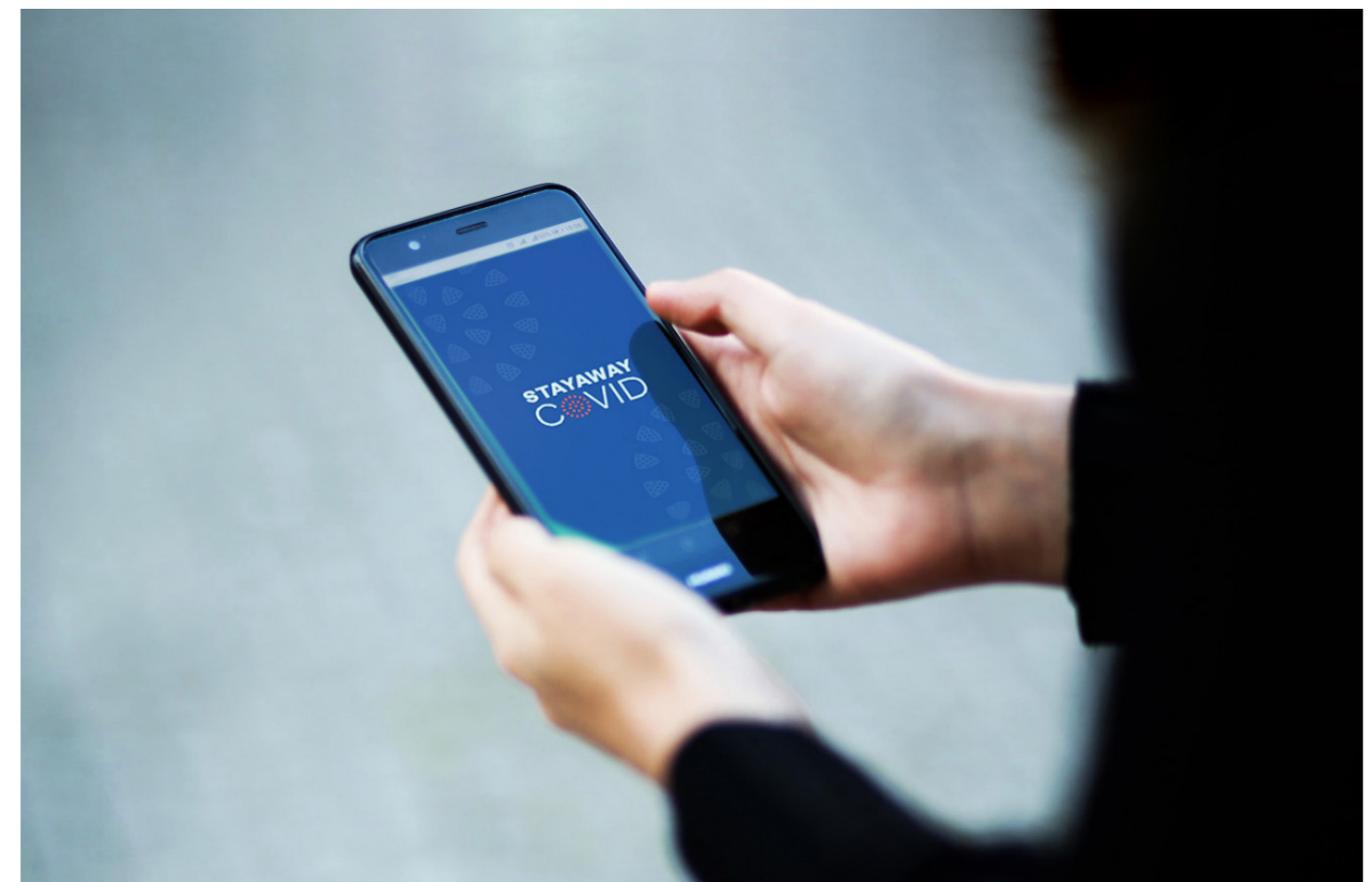
Um passo à  
frente do vírus



Um radar que vive  
no seu telemóvel



Um rastreio além  
da sua memória

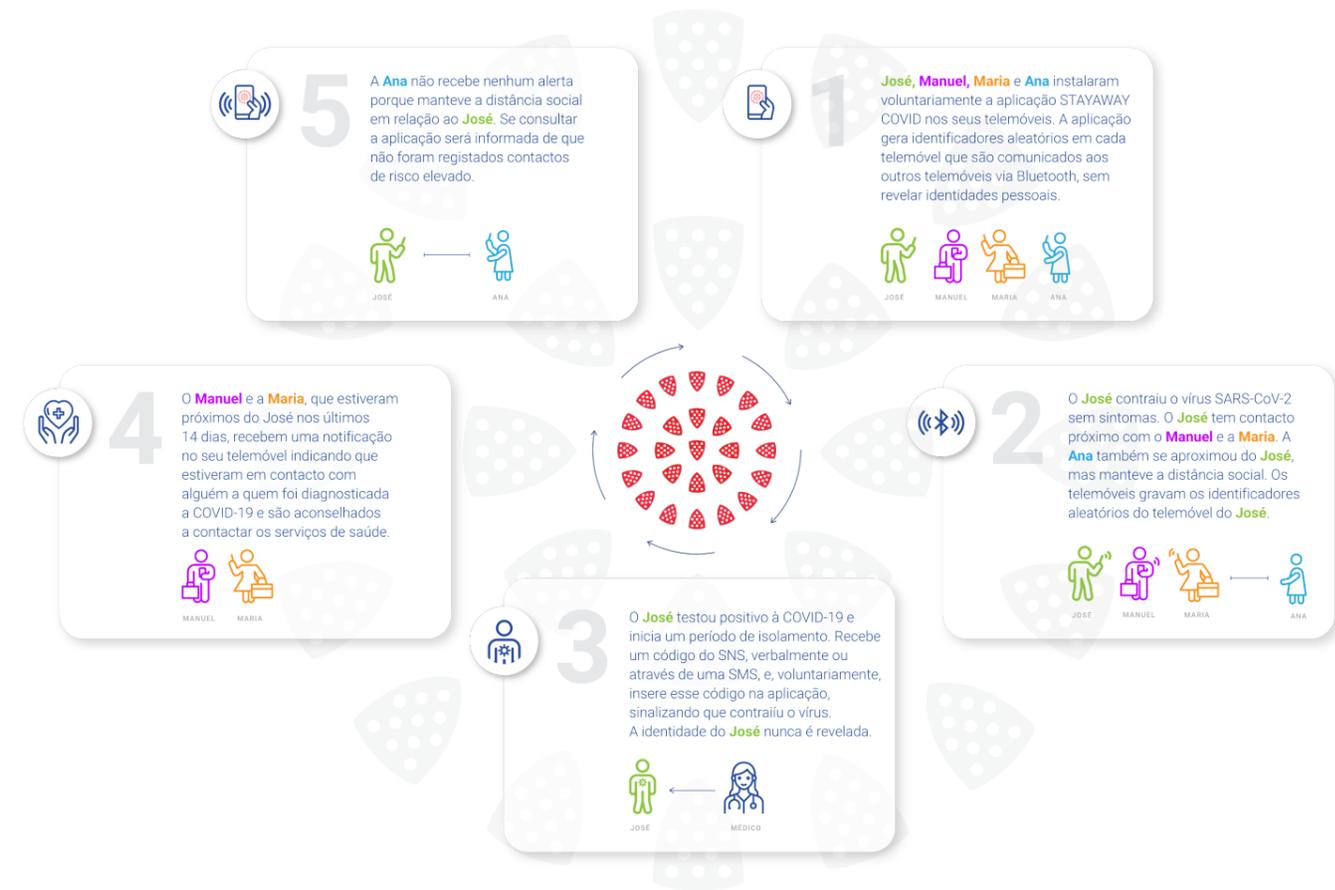


a menos de 2 metros de distância e, nesse caso, guarda os códigos daqueles com quem o contacto excedeu um quarto de hora; os restantes são descartados. Ao fim do dia, cada telemóvel conhece os códigos emitidos pelos telemóveis com quem esteve demasiado perto. Portanto, se, nos dias seguintes, a aplicação vier a saber que um dos códigos que guardou é de um telemóvel a cujo utilizador foi diagnosticada COVID-19, apresenta imediatamente um alerta. Para que tudo funcione, este utilizador, a quem foi diagnosticada a infecção, apenas tem que permitir que a sua aplicação coloque na Internet, ao alcance de todos, o código que o seu telemóvel emitiu nas semanas anteriores. Todos estes códigos são anónimos e ininteligíveis, não revelando a identidade nem qualquer outra informação sobre o utilizador da aplicação.

Na prática, a STAYAWAY COVID na sua arquitectura, desenvolvimento e operação é bem mais elaborada. Os maiores desafios na implementação do sistema surgiram com a análise e tomada de decisão sobre variados compromissos a estabelecer. Foi necessário estabelecer um equilíbrio entre a tecnologia disponível, a usabilidade e "inclusão digital", e as várias vertentes da segurança do sistema e dos dados envolvidos.

Em termos de arquitectura, a solução do INESC TEC assume um modelo de armazenamento e computação distribuído que visa manter os dados e o processamento parcialmente em cada um dos telemóveis, ao invés de permitir um tratamento do conjunto de todos os dados de forma global. Ainda que seja uma salvaguarda importante da privacidade dos dados, esta opção inviabiliza, no entanto, análises científicas, epidemiológicas e outras, igualmente importantes. No que respeita à segurança, para além de seguidas as melhores práticas de desenvolvimento e implementação, adoptaram-se técnicas específicas para o problema. Um exemplo é a frequente alteração do código que cada telemóvel emite. De facto, não é sempre o mesmo, mas renovado a cada 10 minutos. Desta forma, procura-se mitigar o risco de um código ser maliciosamente observado e de facilmente permitir a identificação código-utilizador.

A usabilidade assoma em várias partes do desenho do sistema. Um procedimento que evidencia a cedência à usabilidade é a forma como o sistema procura assegurar que apenas utilizadores a quem foi diagnosticada COVID-19 partilhem os seus códigos. A validação



**STAYAWAY COVID**

**Já disponível**  
Um passo à frente do vírus

Available on the App Store | ANDROID APP ON Google Play

de que os códigos partilhados correspondem a um utilizador infectado é feita através de um código que o doente recebe das autoridades de saúde e introduz voluntariamente na aplicação do seu telemóvel. É um processo simples, mas com alguma fragilidade no que respeita à segurança contra a fraude. Tecnicamente, várias opções poderiam ser usadas para tornar este passo mais seguro, mas o impacto na facilidade de utilização e na liberdade dos utilizadores não o justificaram. O desenvolvimento da STAYAWAY COVID tem-se guiado por uma constante análise custo-benefício de todos os intervenientes. Ao contrário do rastreio tradicional, em que são os serviços de saúde que procuram os casos de risco, com a STAYAWAY COVID são os próprios utilizadores

que, precoce, mas justificadamente, procuram ajuda. O rastreio digital de contactos está a ser utilizado pela primeira vez numa pandemia, condicionado ao ainda limitado conhecimento sobre a doença e à única tecnologia utilizável massivamente e de forma gratuita para a estimação da proximidade entre duas pessoas nas situações mais genéricas e variadas (Bluetooth). A sua exactidão e eficácia começam agora a ser avaliadas apesar da escassa informação operacional libertada pelo sistema. Se os resultados seguirem os bons indicadores actuais, a ferramenta poderá, no imediato, permitir um confinamento selectivo que possibilite uma vida de convivência tolerável com o vírus enquanto não o erradicarmos. O futuro, esse redefinirá certamente o rastreio de contactos tradicional.

# ROBÔ HOSPITALAR DE DESINFEÇÃO

ANTÓNIO PAULO G.M.MOREIRA <sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup>INESC TEC;

<sup>(2)</sup>FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

antonio.p.moreira@inesctec.pt

**Com os resultados deste projeto pretende-se prevenir e reduzir a transmissão de doenças infecciosas causadas por vírus e bactérias em ambientes hospitalares. Um procedimento de desinfeção realizado de forma sistemática e ininterrupta gerará ganhos de qualidade e produtividade que permitirão redirecionar recursos humanos para outras tarefas.**

Anualmente são internados em todo o mundo milhões de pacientes. Na Europa, por exemplo, estima-se que cerca de 2 milhões irão contrair infeções causadas por bactérias gram-negativas presentes nos hospitais, sendo a sua mortalidade elevada. Nos EUA as infeções adquiridas em ambiente hospitalar é a sexta maior causa de morte do país, originando custos anuais entre 5 a 10 mil milhões de dólares. A eliminação de vírus e bactérias afigura-se assim de crucial importância, ainda mais agora com a situação de pandemia em que nos encontramos. A tecnologia de luz ultravioleta C (UVC) é já muito conhecida, e é utilizada há mais de 40 anos em ambientes hospitalares e farmacêuticos, com o intuito de desinfetar ar, água, equipamentos e materiais, entre outros. Este tipo de radiação danifica a estrutura do material genético dos micro-organismos, inativando assim qualquer vírus ou outro micro-organismo vivo. A principal variável é a dose de radiação, ou seja, o tempo necessário para a exposição à luz (radiação) emitida por determinadas lâmpadas de UVC. Esse estudo está bem documentado e, portanto, é possível, sabendo-se a potência das lâmpadas e a distância, calcular a radiação recebida por unidade de tempo e assim calcular o tempo necessário para que, com elevada certeza, praticamente a totalidade dos vírus e outros micro-organismos expostos a essa radiação sejam desativados.

Até há algum tempo, os sistemas existentes precisavam de ser operados manualmente, ou seja, tinha que existir um operador que colocasse manualmente as lâmpadas num determinado local, programasse um temporizador para as acender passado algum tempo e mantivesse as mesmas acesas durante um tempo também programável. Passado esse tempo, o operador tinha que voltar ao local, mudar as lâmpadas de sítio e repetir o processo. Dependendo da disposição do mobiliário (camas, cadeiras, por exemplo), este procedimento podia ter de ser repetido várias vezes para cada sala, quarto ou enfermaria, tornando-se, portanto, pouco prático e ocupando uma pessoa quase a tempo inteiro para realizar uma desinfeção que podia levar várias horas a completar.

Com o robô autónomo é possível realizar de uma forma totalmente automática esta sequência de operações, libertando um recurso humano que se pode dedicar a outras tarefas. Depois de criado um mapa do ambiente, feito pelo próprio robô, é possível indicar-se os locais para onde o robô se deve deslocar, quanto tempo deve ficar com as lâmpadas acesas antes de ir para o próximo local e como retornar ao ponto de carga das baterias assim que termina a sua missão, ou seja, ir a todos os locais programados (Figura 1). O robô está dotado também de um módulo, baseado em sensores



Figura 1 - Robô hospitalar de desinfeção.

de movimento e sensores térmicos, que deteta a presença de pessoas, desligando automaticamente as lâmpadas sempre que alguém está presente, dado que a radiação UVC é também perigosa para os humanos. O tempo em que está desligado é tido em conta no tempo total programado de modo a garantir que as lâmpadas ficam acesas durante o tempo necessário para que a radiação atinja o valor pretendido. A introdução de sensores térmicos, e não apenas de movimento, permite a deteção de pessoas (ou animais de sangue quente) mesmo que estes estejam imóveis, por exemplo a dormir numa cama ou cadeira. Nesse caso, os sensores de movimento falham, pois não existe movimento. Depois da programação e configuração iniciais, a interface existente no robô é extremamente simples de se utilizar, permitindo que qualquer pessoa, com uma formação rápida de alguns minutos ou lendo o manual de utilização, consiga operar o robô.

Num futuro próximo será desenvolvido trabalho no sentido de tornar o sistema mais inteligente e ainda mais autónomo. Pretende-se que o robô minimize o tempo de desinfeção e a energia necessária, decidindo sozinho a melhor forma de escolher as trajetórias e eventuais pontos de paragem, quanto tempo deve estar parado com as lâmpadas acesas ou até se mantém em movimento com uma dada velocidade constante e as lâmpadas acesas. Tudo será calculado e decidido em função do espaço a desinfetar. O robô fará primeiro um mapa a três dimensões do espaço, usando um sensor laser 3D, e com essa informação será capaz de decidir de uma forma inteligente e otimizada como proceder. Com este projeto pretende-se prevenir e reduzir a transmissão de doenças infecciosas causadas por vírus e bactérias em ambientes hospitalares e possibilitar também um procedimento de desinfeção realizado de forma sistemática e ininterrupta, gerando ganhos de qualidade e produtividade que permitirão redirecionar recursos humanos para outras tarefas.

Por outro lado, será obtida uma redução da exposição de profissionais de saúde e prestadores de serviço a produtos tóxicos e corrosivos utilizados nos procedimentos de desinfeção tradicionais. Os testes de validação foram efetuados no Hospital de S. Martinho em Valongo. Na opinião de João Sobral, elemento do referido hospital, a solução é muitíssimo interessante porque será um meio de evitar contaminações no hospital.

#### Agradecimentos

Agradecemos a colaboração de todos os que contribuíram para o sucesso do projeto, nomeadamente M. Petry, C. Rocha, P. Costa, M. Silva, J. Lima, A. Amorim, A. Baltazar, J. Sobral e J. Teixeira, entre outros, que dedicaram, alguns de forma graciosa e voluntária, parte do seu tempo ao projeto.



# OLHAR O PASSADO



# O CERCO – SOBRE A EPIDEMIA DE PESTE BUBÓNICA NO PORTO EM 1899\*

**RENATO ROQUE**  
(ENGENHEIRO, FACULDADE DE ENGENHARIA  
DA UNIVERSIDADE DO PORTO)

<https://www.renatoroque.com>

<https://www.renatoroque.com/umaespeciedeblog/index.htm>  
rroque@renatoroque.com

\*Artigo escrito de acordo com a antiga ortografia

**A história da epidemia de peste bubónica, que conduziu ao cerco sanitário da cidade do Porto, que isolou o burgo durante alguns meses, no ano de 1899, pode ensinar-nos hoje alguma coisa? O trabalho de pesquisa médica e de combate à epidemia foi coordenado por Ricardo Jorge, que identificou o agente infeccioso. Perante a gravidade da doença, o governo em Lisboa decidiu fechar a cidade, proibindo a circulação de pessoas e de mercadorias, gerando muitas reacções por parte dos portuenses. Esta epidemia é também a primeira situação de crise de saúde pública, em que a fotografia vai desempenhar um papel relevante de documentação, por intermédio de dois fotógrafos portuenses: Aurélio da Paz dos Reis e Guedes de Oliveira.**

O primeiro caso de peste bubónica no Porto, que foi considerada como a terceira grande epidemia global de peste, foi registado no dia 9 de Julho de 1899 por Ricardo Jorge. Ricardo Jorge era então o médico responsável pelos Serviços de Saúde e de Higiene do Município, que ele próprio fundara em 1892. Era um médico e um académico de grande prestígio e desde há muito tempo se dedicava às questões de Saúde Pública. Iria ser o seu grande reformador, depois de assumir funções na Direcção Geral de Saúde Pública em Lisboa.

Foi a primeira grande epidemia a ter um registo fotográfico assinalável. Há bastantes fotos da autoria do extraordinário fotógrafo portuense Aurélio da Paz dos Reis e algumas com o carimbo da Photographia Guedes, uma casa de fotografia conhecida na cidade nessa época. As imagens mostram as acções de combate à epidemia pelas brigadas sanitárias e pelos bombeiros, o trabalho de rectaguarda em laboratório realizado pelo pessoal médico sob a direcção de Ricardo Jorge, e documentam várias acções de protesto levadas a cabo pela população e pelas forças vivas da cidade. Estávamos no final do século XIX, período de profundas transformações sociais e económicas na cidade, com a chegada da industrialização, das novas tecnologias e também da fotografia.

*A inteligentzia do Porto... pertencia à geração positivista. É esta geração que segue à geração romântica do Café Guichard e do Águia de Ouro. Em 1878 surgira a revista O Positivismo, dirigida por Teófilo Braga e o médico Júlio de Matos, director do hospital Conde Ferreira. Em 1882 a revista fizera uma cuidada recensão crítica sobre o darwinismo da Evolução da Espécies. O republicanismo parecia apostado em chamar a si o cientismo que crescia na Europa da segunda revolução industrial. Aurélio tem 20 anos e já colecciona recortes de jornais. Deve ser então que, através da revista O Positivismo, entra em contacto com as ideias de Charles Darwin. As obras que acabará por comprar, provavelmente numa das suas viagens a França, são as mais representativas do novo materialismo evolucionista, A Evolução das Espécies e A Descendência do Homem.*

**M. do Carmo Serén, Manual do Cidadão Aurélio da Paz dos Reis**



Fig. 1 - Dr. Ricardo Jorge no Laboratório Municipal de Bacteriologia, 1899, Ricardo Jorge confirmaria o diagnóstico de peste em 8 de Agosto 1899, fotografia de Photographia Guedes (cortesia Arquivo Municipal do Porto).



Fig. 2 - Reunião de comerciantes e de homens de negócios do Porto no Palácio da Bolsa para discutir as consequências para a economia do cerco sanitário, decretado pelo governo, fotografia de Aurélio da Paz do Reis em 24 de Agosto 1899 (cortesia do Centro Português de Fotografia).

Fig. 3 - Montra de loja no Porto, protestando contra o cordão sanitário, decretado pelo governo por proposta de Ricardo Jorge, que é representado por um boneco a que chamam "O Inventor da Peste", fotografia de Aurélio da Paz do Reis (cortesia do Centro Português de Fotografia).



# CRONOLOGIA DOS ACONTECIMENTOS

4 de Julho 1899

Ricardo Jorge foi informado sobre algumas mortes inesperadas e inexplicáveis, que teriam ocorrido na Rua da Fonte Taurina, na Ribeira. Visitou o local passados dois dias e contabilizou quatro casos mortais entre dez infectados. Todos viviam “em prédios miseráveis e imundíssimos”<sup>3</sup> escreveria ele.

9 de Julho 1899

Ricardo Jorge escreveria: “bacilo que microscopicamente revestia a morfologia do da peste – curto, atarracado, coração bipolar, espaço branco intermédio”

12 de Julho 1899

Pela primeira vez, num relatório que envia para o Governador Civil, identifica explicitamente, e com bastante certeza, a doença como a peste bubónica.

28 de Julho 1899

Ricardo Jorge reafirma em relatório a sua convicção de que se trata de peste bubónica.

8 de Agosto 1899

Ricardo Jorge, confirma após exame bacteriológico, o diagnóstico anterior de peste, feito no o laboratório bacteriológico municipal que fundara. Diagnóstico seria validada pelo trabalho laboratorial realizado por Câmara Pestana, director do Instituto de Bacteriologia de Lisboa.

17 de Agosto 1899

Publicado um decreto governamental que impõe as primeiras medidas de cerco sanitário à cidade.

23 de Agosto 1899

A cidade é cercada pelo exército, são fortemente restringidas entradas e saídas, quer de pessoas, quer de mercadorias. O “cerco”, como irá ser recordado, irá ter consequências muito negativas, pois vai juntar à epidemia, grande instabilidade económica, desemprego e fome.

24 de Agosto 1899

Reunião de comerciantes e homens de negócios do Porto no Palácio da Bolsa, para discutir o cerco da cidade, provocado pelo cordão sanitário (fotografa por Aurélio da Paz dos Reis).

Outubro 1899

Ricardo Jorge deixa o Porto para a Direcção-Geral de Saúde e Beneficência Pública.

Dezembro 1899

Fim do cerco

Foi a fotografia e os notáveis fotógrafos do Porto que possibilitaram o registo da peste bubónica em 1899, como ilustram as fotografias das Figuras 1 a 6. Desde a invenção oficial da fotografia em 1839, a evolução do processo fora muito rápida, possibilitando imagens de qualidade e, sobretudo, imagens vivas, do quotidiano. Equipamentos mais leves, mais simples, negativos em vidro (1851), tornando possível a reprodução simples e *ad infinitum* de cópias, a adopção de técnicas sofisticadas – como a gelatina e brometo de prata (1880) - tornando o processo mais rápido e possibilitando a obtenção do chamado instantâneo. E, ao contrário do que se poderia esperar, todas estas inovações chegaram rapidamente a Portugal, e em particular ao Porto. Os fotógrafos portuenses mantinham contactos próximos com o que acontecia em França; todas as descobertas são imediatamente divulgadas e experimentadas. Neste contexto surge com toda a naturalidade uma fotografia dos acontecimentos, que viria a resultar no chamado fotojornalismo. Quer Aurélio, quer Guedes de Oliveira são evidências claras dessa ligação, que despertava, entre a fotografia e o jornalismo. Em paralelo desenvolve-se uma fotografia de carácter social, que assume a missão de denunciar a situação dos mais pobres, dos desprotegidos. Estas novas áreas alargariam os horizontes do que se chamaria fotografia documental. Assistia-se ao mesmo tempo a desenvolvimentos notáveis na área da Saúde Pública. Em 1882 Koch descobrira o bacilo da tuberculose. Despertava uma Medicina apoiada em ciência, substituindo a medicina assente em mezinhas e em práticas empíricas, sem fundamentação científica. Eram, sobretudo, os avanços na microbiologia que possibilitavam os avanços na área da Saúde Pública. Identificados muitos dos agentes patogénicos microbianos, causadores da maior parte das doenças contagiosas que assolavam a Europa desse tempo, a comunidade científica pôde compreender um pouco melhor os mecanismos de propagação das doenças e pôde combatê-los com maior eficácia. A peste no Porto, no deambular do século XX, desempenharia um papel fundamental, acelerando a mudança através da valorização do laboratório e do microscópio, como suporte à medicina. Contribuiria também para uma reorganização profunda dos Serviços de Saúde Pública. E Ricardo Jorge seria peça chave nesta reforma, primeiro no Porto, à frente dos Serviços Municipais de Saúde Pública, depois em Lisboa, primeiro na Direcção-Geral de Saúde e Beneficência Pública e com a República na Direcção Geral de Saúde Pública.

## A peste e o seu combate – o cerco à cidade

A ironia que a história sempre foi capaz de evidenciar: a terceira epidemia de peste que assolou a cidade do Porto teria vindo da província de Yunnan na China, onde se manifestou por volta de 1840. Demoraria, portanto, cerca de 60 anos a viajar até ao Porto, onde só seria identificada em 1899. Nesse tempo as viagens, até dos agentes infecciosos, faziam-se com outra velocidade.

O “cerco” foi brutal e fora decidido pelo governo central, em Lisboa, contra as autoridades locais. Por isso, muita gente considerou o cerco como uma represália ao 31 de Janeiro e à luta do Porto pela República. Contra a medida manifestaram-se muitas das forças vivas locais, tentando forçar o governo a recuar. Alguns historiadores defendem mesmo que este acontecimento traumatizante poderá ter condicionado a atitude futura dos portuenses relativamente à capital, marcada sempre por uma distância crítica, a par com uma subserviência inibidora, responsabilizando Lisboa por tudo o que de mal acontece no burgo, mas incapaz de afirmar a sua autonomia. Realmente o cerco foi interpretado como uma humilhação para a cidade, e provocou até, a determinada altura, uma revolta contra os serviços médicos e contra o próprio Ricardo Jorge. Este acabaria por deixar, desiludido, a cidade, e assumir o cargo de inspector-geral da recém-formada Direcção-Geral de Saúde e Beneficência Pública. Esta DG constituiria um marco fundamental na história da Saúde Pública em Portugal, liderando a reforma dos serviços de Saúde Pública no país e publicando o Regulamento Geral dos Serviços de Saúde e Beneficência Pública de 1901. O cerco só terminaria no final de Dezembro, já em vésperas do Natal, quando o número de casos infecciosos já era muitíssimo pequeno. Acredita-se, no entanto, que a doença terá permanecido endemicamente no Porto até cerca de 1915. Por um conjunto de circunstâncias felizes, a contabilidade final seria bastante mais baixa do que alguns esperariam, tendo em conta a gravidade da doença. No final, houve “apenas” 132 mortes.



Fig. 4 - Carro do Serviço Municipal de Desinfecção, de uma corporação especial de bombeiros, participando na limpeza de casas insalubres do Porto, para impedir a propagação da Peste Bubónica, fotografia de Photographia Guedes (cortesia Arquivo Municipal do Porto).



Fig. 5 - Técnicos de saúde preparados para realizar a desinfecção, fotografia de Aurélio da Paz do Reis (cortesia do Centro Português de Fotografia).

## Análise sobre a peste de 1899 e o cerco à cidade do Porto

Parece ser possível afirmar no presente que o carácter relativamente contido da epidemia de 1899 no Porto muito pouco terá devido ao cerco sanitário decretado pelo governo central. Esse cerco nunca funcionou bem, pois não fora bem preparado e a cidade nunca fora dotada dos meios necessários para o realizar. O sucesso do combate dever-se-á sim a outras medidas tomadas pelos responsáveis médicos, sobretudo as campanhas de extermínio dos ratos e também a um conjunto de circunstâncias sociais e ambientais que felizmente não favoreceram a propagação da doença. A espécie de pulga que era dominante em Portugal seria pouco eficaz a transmitir o bacilo e acredita-se que o rato teria desenvolvido uma imunidade, associada a uma mutação do bacilo, o *Yersinia pseudotuberculosis*.

A baixa mortalidade da doença pode explicar também a reacção fortemente contrária ao cerco da burguesia portuense, que via até outras doenças – a tuberculose ou o typho – como mais ameaçadoras do que a própria peste.

Se o cerco militar à cidade do Porto se pode considerar hoje como uma medida injustificada e até contraproducente, pois gerou descrédito nos serviços médicos, fazendo com que até houvesse casos de doença escondidos, como refere o próprio Ricardo Jorge no seu relatório, “pelos menos um quinto dos casos tem sido desconhecidos”, a prática médica na luta contra a epidemia parece revelar um conhecimento actualizado e uma modernidade de procedimentos, quer na componente de análise bacteriológica, quer nas acções de combate no terreno, nomeadamente contra os ratos, identificados como portadores do bacilo. Também as práticas de isolamento dos doentes infectados, de desinfecção das habitações, de vacinação das pessoas que tinham contactos com os doentes, de lavagem das ruas e dos esgotos com desinfectante, de cremação dos cadáveres em cal viva, foram medidas correctas e certamente muito eficazes.

Algo que parece também inegável é que a peste detectada na Ribeira expôs finalmente, perante a opinião pública, uma cidade suja, sem saneamento, muitas vezes mesmo sem água potável, com condições de habitabilidade muito baixas e com graves problemas de salubridade.

*É preciso destruir quanto antes os bairros imundos onde a peste se acoita, e as ilhas inhabitáveis, antros infectos ... para extinguir completamente o mal seria necessário sanear a cidade, arrasando completamente três bairros: o do Barredo, o da Fonte Taurina e o de Miragaia.*

### Ricardo Jorge, Demographia e Hygiena na cidade do Porto

Realmente, as vítimas pertenciam quase todas a estratos mais pobres da população, que habitavam sem condições mínimas de higiene. Essas condições favoreciam o desenvolvimento de pragas, como ratos e pulgas e, conseqüentemente, a propagação de doenças. Os médicos e os elementos mais progressistas da sociedade começaram a alertar para a necessidade de defesa de melhores condições de habitação, exigindo condições sanitárias mínimas. Os padrões de higiene e de habitabilidade não mais pertenciam só à esfera privada, mas passavam a ser uma obrigação do Estado e dos Serviços Públicos de Saúde.

Depois do diploma de 4 de Outubro de 1899, que criou a Direcção-Geral de Saúde e Beneficência Pública, para onde Ricardo Jorge foi chamado, e da sua regulamentação em 1901, faltava ainda um passo decisivo: cortar o secular cordão umbilical que ligava a Saúde Pública em Portugal à beneficência. Esse corte só aconteceria em 1911, depois da instauração da República, com a criação da Direcção-Geral de Saúde, por decreto do Ministro do Interior, António José de Almeida. Ricardo Jorge seria então nomeado Director-Geral de Saúde.

Ricardo Jorge continuaria a ser sempre um espírito crítico na defesa da saúde e do bem-estar das populações, manifestando-se muitas vezes contra as desculpas governamentais para a falta de recursos ou para a decisão de não investir no saneamento, na higiene das cidades e nos serviços de saúde.

*Estamos chegados à época de um novo direito das gentes, de uma moralidade física geral, em que, por vivas que sejam outras preocupações de ordem política e colectiva, ascendeu entre elas ao lugar das mais instantes a da solidariedade higiénica internacional.*

### Ricardo Jorge, em preâmbulo do diploma que estabelecia a reorganização da DGS, em 1926



Fig. 6 - Bombeiros desinfestando um caixão, fotografia de Photographia Guedes (cortesia Arquivo Municipal do Porto).

1. A primeira epidemia data do século XIV e a segunda do século XVI e XVII.

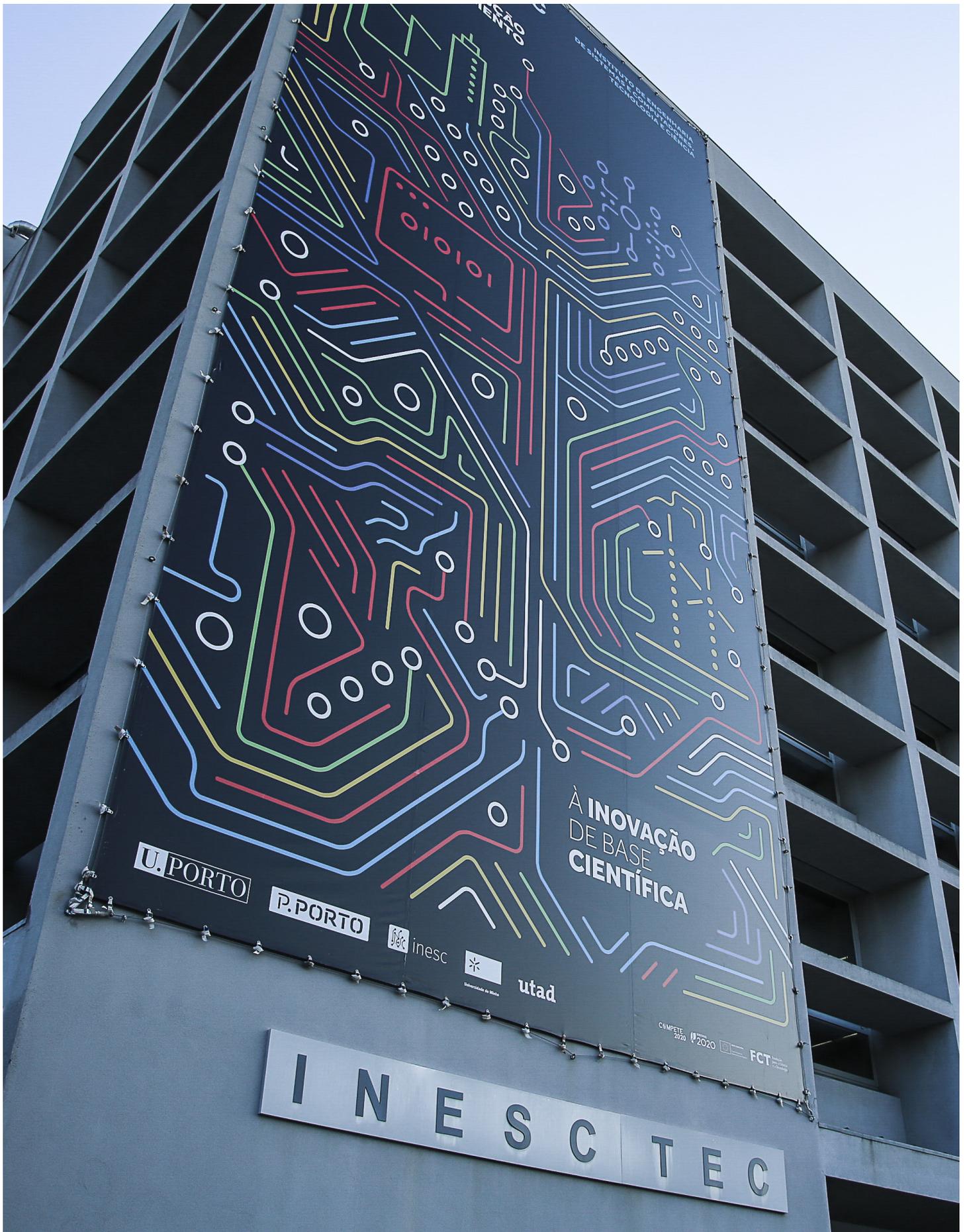
2. A autora refere-se a Aurélio da Paz dos Reis, portuense ilustre e fotógrafo, cujas imagens também nos acompanham aqui.

3. JORGE, Ricardo, A peste bubónica no Porto, Seu descobrimento; Primeiros Trabalhos (1899).

4. Para percebermos quão contida a peste bubónica foi, bastará comparar com a epidemia de cólera, chamada cholera morbus ou cólera asiática, chegada à Europa ocidental entre 1826 e 1837 e dada como extinta em 1837. Estendeu-se pela Rússia, Alemanha, Inglaterra, França, Espanha e Portugal, e teria feito mais de um milhão de vítimas. A invasão de cólera em Portugal aconteceria em Janeiro de 1833, na cidade do Porto, com a chegada do navio London Merchant, com tropas destinadas a engrossar o exército liberal. A epidemia logo se espalhou e as primeiras mortes foram registadas em Abril de 1833, no hospital de S. José em Lisboa.

5. Eram internados no hospital chamado Guelas de Pau, que fora fundado em 1884 para isolar e tratar doentes com cólera. Em 1899 o hospital foi adaptado para receber os doentes com peste bubónica, adquiriu, entretanto, o nome de Hospital Senhor do Bonfim; finalmente em 1914 passou a chamar-se Hospital Joaquim Urbano.

6. Cerca de 75% dos casos de peste registados durante o surto em 1899 correspondem a habitantes do Porto medieval – Sé, S. Nicolau, Vitória e Miragaia - onde as condições de habitabilidade eram mais pobres.



Tema da próxima edição da Revista *INESC TEC Science&Society*: Indústria  
[Subscrever aqui](#)