

BOLETIM

APDIO

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL | 67 | DEZEMBRO '22

ENTREVISTA

RENATA MANSINI

TÉCNICAS DE IO

**O DESAFIO
NA GESTÃO
INDUSTRIAL**

ARTIGO DE OPINIÃO

**DA TECNOLOGIA À TECNOCRACIA:
O LIMITE DA MÁQUINA
E O LIMITE DO TECNOCRATA**

IO EM AÇÃO

**CONTRIBUIÇÕES PARA
A MELHORIA DOS SISTEMAS
DE SAÚDE EXPLORANDO
TÉCNICAS DE INVESTIGAÇÃO
OPERACIONAL**

ÍNDICE

03 ENTREVISTA
RENATA MANSINI

05 ARTIGO DE OPINIÃO
DA TECNOLOGIA À TECNOCRACIA:
O LIMITE DA MÁQUINA E O LIMITE
DO TECNOCRATA
Mário Amorim Lopes

08 TÉCNICAS DE IO
O DESAFIO NA GESTÃO
INDUSTRIAL
Bruno Gonçalves
Miguel Vieira

12 IO EM AÇÃO
CONTRIBUIÇÕES PARA A MELHORIA
DOS SISTEMAS DE SAÚDE
EXPLORANDO TÉCNICAS DE
INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL
Daniel Santos
Ana Barbosa-Póvoa
Mariana Oliveira
Maria Meneses
Paulo Abreu
Maria Lopes

17 LUGAR AOS NOVOS
CONTRIBUTOS PARA
O DESENVOLVIMENTO
DO PLANEAMENTO AUTOMATIZADO
EM RADIOTERAPIA
Tiago Ventura

19 PT EM IO PELO MUNDO
DE PORTUGAL PARA MONTRÉAL!
Margarida Carvalho

20 NOTÍCIAS DA APDIO



ELSA SILVA

INESC TEC
Universidade do Minho



MARIA JOÃO SANTOS

INESC TEC
Universidade do Minho



SARA MARTINS CORREIA

Escola Superior
de Tecnologia e Gestão
Politécnico do Porto
INESC TEC

EDITORIAL

A investigação operacional ao serviço da saúde é o tema principal deste boletim. Desde os desafios tecnológicos aos desafios sociais, são discutidos os vários trabalhos sobre os quais os autores deste boletim se debruçaram.

Na Entrevista, Renata Mansini, professora de investigação operacional na Universidade de Brescia, Itália, descreve o seu percurso académico e científico, evidenciando também o papel do professor na criação de investigadores juniores. Explica ainda, claramente, o algoritmo de *kernel search*, um método de solução amplamente utilizado em vários dos seus trabalhos científicos.

O Artigo de Opinião da autoria de Mário Amorim Lopes apresenta uma analogia entre a tecnologia e a tecnocracia. De forma sedutora, são discutidas as vantagens da tecnologia ao serviço da saúde e, da mesma forma, as suas limitações.

Na rubrica Técnicas de IO, Bruno Gonçalves e Miguel Vieira discutem os desafios na gestão industrial, em particular decorrentes da necessária transformação digital. São descritas as vantagens de combinar a otimização com a simulação para criar modelos de apoio à decisão para problemas complexos. Em particular, são apresentados resultados da aplicação desta técnica combinada na resolução de problemas em contexto hospitalar.

Diversos investigadores do Centro de Estudos de Gestão do Instituto Superior Técnico (CEGIST) descrevem como diferentes técnicas de investigação operacional podem contribuir para a melhoria dos siste-

mas de saúde na rubrica IO em ação. As técnicas apresentadas incluem modelos matemáticos, determinísticos e estocásticos, de 1 e 2 níveis, aplicados a problemas de otimização dos planos operatórios, gestão de inventário na cadeia de abastecimento de sangue, planeamento de localização e realocação de veículos de emergência, e planeamento estratégico da rede hospitalar.

Na rubrica Lugar aos Novos, Tiago Ventura descreve o processo de otimização do planeamento autonomizado em radioterapia, distinguindo duas técnicas principais: o planeamento direto e o planeamento inverso. Os avanços científicos para melhorar as técnicas de otimização são discutidos, nomeadamente a integração de novos critérios de otimização. Por fim, o autor apresenta o SPIDERplan, uma ferramenta gráfica de suporte à decisão que permite comparar planos obtidos com diferentes algoritmos.

Margarida Carvalho, descreve-nos o seu percurso científico, desde o momento em que descobriu que a matemática seria a área onde gostaria de desenvolver o seu trabalho até aos dias de hoje – professora no departamento de Ciências dos Computadores e Investigação Operacional da Universidade de Montréal, Canadá. O Boletim termina com o habitual espaço reservado às notícias relevantes para a comunidade de IO, incluindo uma carta da nova Comissão Diretiva da APDIO à qual desejamos as maiores felicidades e votos de sucesso.

ENTREVISTA

Your academic background began in the economic field and currently, you are a full professor of operations research. What has led you to this course? In what way do you think economics and operations research complement each other?

I believe that one of the main driving forces of human progress has been the ability to combine knowledge and skills from different scientific backgrounds. People working in Operations Research (OR) need to be acquainted with different disciplines from mathematics to economics, engineering, and computer science. This contamination strongly enriches them.

When as a young student I enrolled in Business and Economics, I had a clear idea about my future and the goals I wanted to achieve. At the university, I came across an OR class taught by Grazia Speranza who became my mentor. I understood how my dream about the future could be enhanced by improving my skills in mathematics and computer science. I took a Ph.D. in computational methods at the University of Bergamo and spent a year at Washington University in St. Louis (USA). At the Olin Business School of Washington University, where I attended lectures and seminars by amazing people like Kerry Back and Philip Dybvig (2022 Nobel Prize in Economics), I started mastering finance. Portfolio optimization problems have been the first complex problems I tackled by using OR techniques. At that time, very few people worked in finance in our scientific community.

Nowadays, thanks to my experience, I can say that economics and finance complement OR in many ways. We can see it in the high level of contamination existing among these disciplines. Just think of the use of shortfall or quantile risk measures as Conditional Value-at-Risk (CVaR). They are receiving increasing attention in domains far from finance. For instance, when making decisions under uncertainty, CVaR is now largely used in classical OR contexts such as scheduling and supply chain management.

Someone recently asked me if I would ever change my scientific background. I answered that Economics knowledge helped me a lot playing an irreplaceable role in my scientific

growth and strongly contributing also to my academic career.

The kernel search has been used in several of your publications to solve OR problems. Can you explain what is a kernel search algorithm and its advantages over others? In what fields of research has it more potential to be applied?

I answer with a question. Can we work out a method able to predict which variables in a generic mixed integer linear programming (MILP) problem are the most likely to be selected in an optimal solution? Kernel Search (KS) elaborates on this idea and calls the set of most promising variables the kernel set. In many MILP problems, basic variables in the optimal solution of the LP relaxation are good predictors of non-zero variables in an optimal integer solution. Moreover, reduced costs can be used to measure the likelihood of non-basic variables to be zero/non-zero in a MILP optimal solution. KS is a heuristic framework that exploits this information to sort variables and build a sequence of restricted MILP problems with the final aim to identify the kernel set. Variables that come first in the sorted list enter the initial kernel set, whereas the remaining ones are partitioned into groups called buckets. Each restricted problem is constructed including the variables belonging to the initial kernel set (possibly updated) plus the variables in the current bucket; all the remaining variables are set to zero. At each iteration, the current restricted problem is solved using a MIP solver (CPLEX, Gurobi) and possibly provides an improved integer solution while identifying new variables to update the kernel set. The method terminates when all or a predefined number of buckets are considered. The main challenge of KS is to find the right size for the restricted problems. It must be not too large to avoid unnecessary computational effort, but also not too small to avoid a final solution quality downgrade.

KS can be classified as a general-purpose method along with Local Branching and Relaxation Induced Neighborhood Search (RINS). The main advantage of KS is that it is problem-independent, provided that a mathematical formulation is given. Differently



RENATA MANSINI

Full Professor of Operations Research
Department of Information Engineering
University of Brescia
renata.mansini@unibs.it

“PEOPLE WORKING IN OPERATIONS RESEARCH (OR) NEED TO BE ACQUAINTED WITH DIFFERENT DISCIPLINES FROM MATHEMATICS TO ECONOMICS, ENGINEERING, AND COMPUTER SCIENCE”



“KERNEL SEARCH (...) CALLS THE SET OF MOST PROMISING VARIABLES THE KERNEL SET”

from other approaches, the method works well for generic MILP problems even if it has been mainly applied to binary integer problems. Moreover, the method requires very little implementation effort because most of the work is done by the MIP solver called to solve the restricted problems. Finally, it is a robust method as a change in the model does not require any relevant change in the heuristic.

As the founder of the Laboratory of Operations Research at DII, University of Brescia, can you tell us what your research team does?

The OR Laboratory at DII consists of a heterogeneous group of people who graduated in economics, computer engineering, mathematics, and industrial engineering. This makes the offered expertise diversified and complementary. The research conducted is mainly focused on developing optimization models and algorithms

for solving combinatorial problems with important applications in logistics, transport, production, cargo loading, finance, healthcare, energy management, and scheduling. The methods used range from the most classic optimization algorithms (exact and heuristic) to hybridizations with Machine Learning and Parallel Computing techniques. Particular attention is also paid to problems under dynamic and stochastic scenarios.

Given the collaborations with local companies, the group will increasingly elaborate on aspects related to sustainability, fairness, new technologies (drones, autonomous electric vehicles), and the most recent paradigms of distribution logistics (synchro-modality, temporal and service consistency, crowd shipping).

As a professor, do you think that you can motivate students to pursue a research path? And how do you do that?

Students championing and mentoring are critical activities to which every professor should devote time. Often young people don't fully know their preferences or underestimate their possibilities. A life devoted to research intimidates them or is simply believed out of reach. Students need to be stimulated

through teaching or activities like projects where inventiveness and originality play a key role.

I believe that the best way we can use to convince young people to undertake a career in research is to become role models for them, showing enthusiasm for what we do and motivating them to do the same. We should encourage students by creating a bilateral and constructive dialogue. I have seen young people with little self-confidence grow into brilliant researchers thanks to their mentors. If you act as a good mentor, your young collaborators may transfer you much more than you have been able to give them.

“STUDENTS CHAMPIONING AND MENTORING ARE CRITICAL ACTIVITIES TO WHICH EVERY PROFESSOR SHOULD DEVOTE TIME”

DA TECNOLOGIA À TECNOCRACIA O LIMITE DA MÁQUINA E O LIMITE DO TECNOCRATA

Recorro com frequência ao artigo de Esteva et al. (2017) como exemplo de como a máquina está prestes a superar o profissional de saúde, pelo menos em algumas tarefas, o que obrigará algumas especialidades médicas a terem que rever o seu quadro de competências e funções num futuro próximo. Elaborado enquanto desenvolvia a sua tese de doutoramento em Stanford, Andre Esteva e colegas desenvolveram um algoritmo com recurso a Redes Neurais Convolucionais para diagnosticar — em bom rigor, classificar — o cancro de pele. Bastaram cerca de 130 mil imagens de treino para que esta rede fosse capaz de bater o diagnóstico de 21 dermatologistas norte-americanos, num total de 22 consultados para validação dos resultados.

Com a capacidade computacional a aumentar de forma exponencial, em linha com o que previra Gordon Moore, isso significa que cada um de nós poderá ter consigo, a todo o momento, sem filas de espera e a uma fração do preço, um dermatologista de bolso: abre-se o telemóvel, aponta-se para a pele e faz-se o diagnóstico. Acesso universal e ubíquo, a um custo muito reduzido, a um diagnóstico atempado de uma doença que não é fatal se identificada com antecedência. E numa era em que quase todos têm telemóvel, então é mesmo para todos — da Europa do Norte à África Subsaariana.

Não é apenas a dermatologia que será profundamente abalada pela tecnologia. *Radiomics* é já uma área de enorme relevo em medicina, sobretudo em radiologia e oncologia, para o auxílio no diagnóstico clínico. A máquina torna-se capaz de analisar radiografias a uma velocidade e precisão com que o ser humano deixará de conseguir competir. Também a genómica abriu a possibilidade de se fazer medicina de alfaiate, à medida, ou como é conhecida na literatura, medicina personalizada. E se o algoritmo faz diagnóstico, por que não auxiliar com a terapêutica? O IBM Watson for Oncology é capaz de cruzar protocolos clínicos com resultados clínicos reportados na literatura para sugerir terapêuticas ajustadas àquele paciente em particular. E da terapêutica podemos ir para a intervenção cirúrgica: o robot Da Vinci, hoje com 22 anos de idade, já realizou inúmeras cirurgias com sucesso e sobretudo com

muita precisão. Tudo isto foram avanços substanciais, alavancados em tecnologia, que irão desempenhar um papel fundamental na prestação de mais e melhores cuidados de saúde.

Impõe-se, então, a questão: quererá isto dizer que um dia poderemos dispensar os médicos e depender apenas da máquina? O argumento é sedutor: a tecnologia é um importante auxílio na tomada de decisão, pelo que pode produzir decisões mais ajuizadas. A máquina é mais precisa. Afinal, funciona bem com tantos problemas de índole mais operacional: construímos um modelo de programação linear, procuramos a solução ótima e implementamo-la. Se esta metodologia funciona em problemas de investigação operacional, porque não haveria de resultar com pessoas?

Ademais, os médicos falham, até porque os médicos são humanos, os humanos também falham, e até falham muito — um estudo da Johns Hopkins revela que cerca de 250 mil pessoas morrem todos os anos nos EUA devido a erros médicos, o que configura a terceira maior causa de morte logo a seguir a doenças do coração e ao cancro (existem outros estudos que disputam este número, mas todos eles apontam para o erro médico como uma causa de morte significativa). Se assim é, por-



MÁRIO AMORIM LOPES

INESC TEC, Faculdade de Engenharia,
Universidade do Porto
Católica Porto Business School
mario.lopes@fe.up.pt

“COM A CAPACIDADE COMPUTACIONAL A AUMENTAR DE FORMA EXPONENCIAL, EM LINHA COM O QUE PREVIRA GORDON MOORE, ISSO SIGNIFICA QUE CADA UM DE NÓS PODERÁ TER CONSIGO, A TODO O MOMENTO, SEM FILAS DE ESPERA E A UMA FRAÇÃO DO PREÇO, UM DERMATOLOGISTA DE BOLSO: ABRE-SE O TELEMÓVEL, APONTA-SE PARA A PELE E FAZ-SE O DIAGNÓSTICO”

“QUERERÁ ISTO DIZER QUE UM DIA PODEREMOS DISPENSAR OS MÉDICOS E DEPENDER APENAS DA MÁQUINA? O ARGUMENTO É SEDUTOR: A TECNOLOGIA É UM IMPORTANTE AUXÍLIO NA TOMADA DE DECISÃO, PELO QUE PODE PRODUZIR DECISÕES MAIS AJUIZADAS. A MÁQUINA É MAIS PRECISA”

que não haveria a máquina de substituir o homem assim que possível?

Mesmo que os profissionais de saúde falhem, mesmo que a máquina seja mais precisa do que o homem, ainda assim a decisão final deve ser tomada pelo paciente em conjunto com a equipa médica, e tem que o ser porque a decisão extravasa sempre o domínio clínico, o domínio da precisão e da técnica, o domínio do saber: só o paciente está devidamente legitimado para saber o que pretende para si, conquanto auxiliado pelos profissionais de saúde e certamente por algoritmos também. Como escreveu o filósofo John Dewey em «The Public and Its Problems», «o homem que calça o sapato sabe melhor se aperta e onde ele aperta». Só a pessoa pode dispor de si própria.

Romantizada por muitos, a ideia de que podemos delegar num especialista, neste caso a máquina, o ónus da derradeira decisão não se circunscreve à medicina e até encontra maior respaldo na política. Saint-Simon e August Comte, por exemplo, viam a sociedade do futuro através da lente de um modelo industrial, planeada e governada à luz de princípios de racionalidade e da gestão científica. Um modelo estritamente tecnocrático, portanto. Com efeito, já Platão havia aflorado um conceito similar. Na República, livro que reporta os diálogos com Sócrates, Platão imaginava a sociedade perfeita: aquela em que reis-filósofos tomariam as melhores decisões em nome do bem comum. Uma espécie de ditador benevo-

lente: as massas, incapazes de decidirem por si, delegam no rei-filósofo essa função que, indiferente a quezílias, egos e demais condições terrenas e humanas, é capaz de tomar a melhor decisão com distância e isenção.

Esta sociedade tecnocrática é então a derradeira solução, aparentemente simples, para a incapacidade do ser humano de gerir a *res pública* e a polis de forma organizada, justa e responsável. Claro que isso implicaria, no limite, derrogar princípios democráticos basilares, pois não é possível assegurar, por via do sufrágio universal, que apenas especialistas governem o país. No modelo democrático todos têm acesso ao poder e à gestão da coisa pública, incluindo leigos. Este seria o preço a pagar por uma sociedade bem gerida, ou pelo menos assim entendem os proponentes da ideia. Como escreveu Friedrich Engels, é o tempo de «*substituir o governo de pessoas pela administração das coisas*».

Curiosamente, e ainda que a origem do conceito remonte à Grécia antiga, a primeira referência ao termo “tecnocracia” surge na revista *Industrial Management* (57), no artigo de 1919 de William Henry Smith, “*Technocracy’—Ways and Means to Gain Industrial Democracy*”, onde este idealizava a tomada de decisão nas empresas, sobretudo nas industriais, como resultando estritamente da análise feita por cientistas, técnicos e engenheiros, em detrimento dos «donos do capital».

Transpondo este modelo para a política, trata-se do exercício da autoridade por virtude da competência técnica e conhecimento numa dada área de aplicação por parte de uma minoria da população. No limite, almeja-se a total despolitização da tomada de decisão: tudo pode ser traduzido numa qualquer função objetivo que procurará maximizar o bem-estar social. É importante ter presente que a própria concepção deste modelo utilitarista que procura despolitizar e que visa maximizar o bem-estar total, dado pela soma das partes e otimizado por especialistas, constitui *per se* uma ideologia política — uma que concebe um mundo em que os indivíduos perdem grande parte da sua agência e o Homem estadualiza-se. A sociedade gere-se então de cima para baixo, dos especialistas para o resto da população.

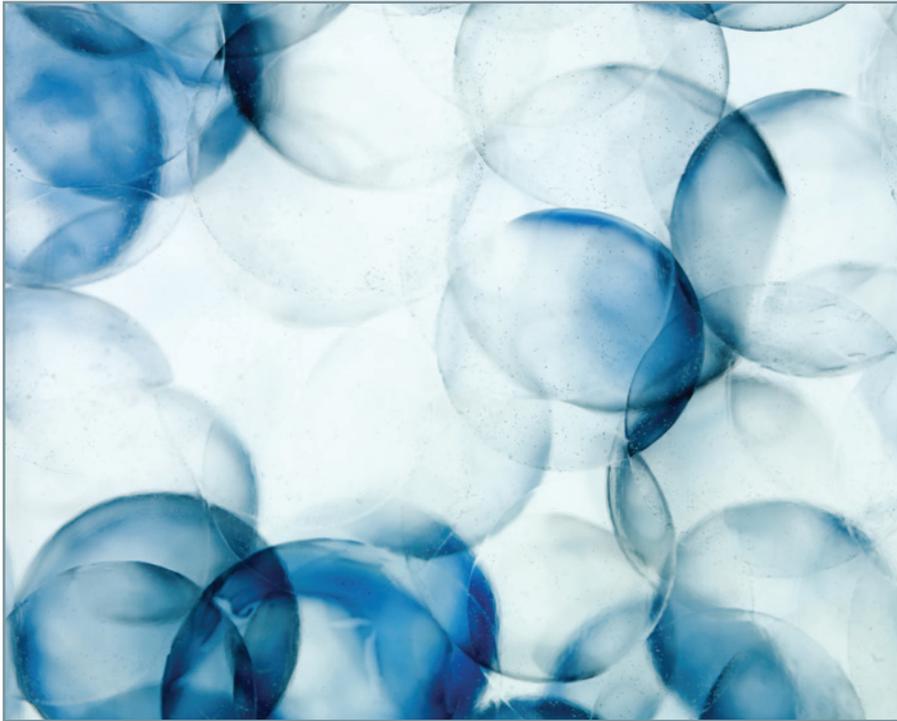
Esta ideologia tecnocrática, que procura assegurar que as posições de poder são ocupadas

por especialistas, esteve bem patente também na gestão da pandemia covid-19, uma crise de saúde pública. A estratégia passou por, numa primeira instância, constituir diversos grupos de especialistas em saúde pública, epidemiologia e infecciologia, por forma a obter um corpo de conhecimento especializado, recolher dados e produzir recomendações. A partir daí, os políticos ouviriam as diferentes recomendações e tomariam a decisão que creem melhor servir o interesse comum, e essa decisão só pode ser tomada por quem está empossado pela legitimidade do voto. Até aqui tudo bem.

O problema surge quando alguns dos especialistas se arrogaram do direito de imporem as suas recomendações sem passarem pelo crivo político, o único que tem a legitimidade do voto popular. Talvez possa ter passado despercebido a alguns, mas houve, com frequência, algum incómodo quando algumas das recomendações produzidas não eram implementadas. Naturalmente que, em alguns casos, tal se possa ter devido a oportunismo político ou receios eleitorais, mas o ponto relevante prende-se com a ideia de que aos políticos competiria apenas acatar aquilo que decorre do entendimento dos especialistas.

Nesta visão, a política limitar-se-ia assim ao lugar de correia de transmissão da decisão consumada e ratificada em nome da ciência (não necessariamente *pela* ciência, até porque à ciência não compete fazer política). Não está certamente em causa a boa intenção destes especialistas: quando se encerraram bancos de jardim e parques infantis haveria certamente a convicção, ou pelo menos a crença, ainda

“MESMO QUE OS PROFISSIONAIS DE SAÚDE FALHEM, MESMO QUE A MÁQUINA SEJA MAIS PRECISA DO QUE O HOMEM, AINDA ASSIM A DECISÃO FINAL DEVE SER TOMADA PELO PACIENTE EM CONJUNTO COM A EQUIPA MÉDICA [...] SÓ A PESSOA PODE DISPOR DE SI PRÓPRIA”



“POR MUITO QUE A TECNOLOGIA POSSA VIR A REVOLUCIONAR A SAÚDE, EM PARTICULAR A MEDICINA, HAVERÁ SEMPRE UM LUGAR PARA OS MÉDICOS E PARA OS PROFISSIONAIS DE SAÚDE. PROVAVELMENTE UM LUGAR MAIS DIGNO — MENOS OCUPADO COM BUROCRACIAS, SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, EMAILS OU ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE EXAMES, E MAIS PREENCHIDO COM O ACOMPANHAMENTO PRÓXIMO DE QUEM MAIS PRECISA, OS PACIENTES”

que errada, de que isso seria importante para mitigar a propagação do vírus. O ponto é que tal decisão cabe, em ulterior instância, ao decisor político — é ele que responde perante os seus eleitos, é ele que tem que ter o ónus de decidir. A ideia base da tecnocracia, a de uma política apolítica, científicada, que dispensa política e políticos e os substitui por algoritmos e especialistas é manifestamente perigosa, criando as sementes de regimes que tendem invariavelmente para o totalitarismo. Acresce a isto que a tecnocracia enferma de dois problemas estruturais. O primeiro é o perigo da elevada concentração de poder numa minoria não eleita, que não pode ser responsabilizada politicamente pelas decisões que toma. O poder passa a ser exercido por um conjunto de pessoas que não estão sujeitas ao crivo democrático, até porque não foram necessariamente eleitas, criando inadvertidamente uma elite que esvazia, ao mesmo tempo, a agência do cidadão comum, leigo, que se sentirá cada vez mais desligado do exercício do poder e até da própria cidadania. O segundo problema tem que ver com a pró-

pria ideia de que um especialista possa estar em posse do conhecimento necessário para tomar a melhor decisão. Se é verdade que está mais bem informado e em posse de mais conhecimento do que qualquer outro cidadão, não é menos verdade de que não dispõe de nenhuma condição de infalibilidade, nem é menos verdade que o seu entendimento não respalda necessariamente a vontade generalizada (vulgo, democracia). Todas as políticas públicas têm custos e benefícios que dependem da percepção individual e não é possível a nenhum especialista ter presente as diferentes vontades e desígnios que compõem essa massa social a que chamamos de sociedade. Ora, não decorre daqui que a decisão política (legítima) se deva insular de uma análise baseada em evidência e do aconselhamento de especialistas. Muito pelo contrário, é este justamente o trabalho dos especialistas: informar, avaliar, auditar e fiscalizar a tomada de decisão. Ao político competirá escutar as diferentes recomendações e, por fim, tomar a decisão. As políticas públicas em Portugal carecem desesperadamente deste tipo de trabalho:

de cruzar um braço técnico, capaz de estudar com evidência, afinco e rigor os problemas; e de um braço político, responsável por perceber como materializar estas recomendações da melhor forma. É este o limite da tecnocracia. De igual modo, também a decisão clínica não pode ser tomada pela máquina exatamente pelos motivos aduzidos a respeito (e a despeito) da tecnocracia. Há um limite para a tecnologia que é a capacidade de ser e sentir. Só o paciente, em conjunto com a equipa médica, é capaz de ser e sobretudo de saber o que é melhor para si e que caminho deverá seguir, idealmente consciente dos custos e dos benefícios das diferenças opções. Por este motivo, por muito que a tecnologia possa vir a revolucionar a saúde, em particular a medicina, haverá sempre um lugar para os médicos e para os profissionais de saúde. Provavelmente um lugar mais digno — menos ocupado com burocracias, sistemas de informação, emails ou análise e interpretação de exames, e mais preenchido com o acompanhamento próximo de quem mais precisa, os pacientes.

O DESAFIO NA GESTÃO INDUSTRIAL



BRUNO GONÇALVES

Departamento de Engenharia Mecânica,
Politécnico de Leiria
bruno.goncalves@ipleiria.pt



MIGUEL VIEIRA

Faculdade de Engenharia,
Universidade Lusófona
miguel.vieira@ulusofona.pt

Ao longo dos últimos tempos, muito se tem discutido sobre a necessidade da indústria nacional aderir à transformação digital para ser competitiva internacionalmente. Os progressos conseguidos a partir de parcerias com universidades ou iniciativas governamentais têm ainda um longo caminho pela frente, sendo reconhecido por diversos *players* a necessidade de promover a investigação e desenvolvimento desta potencial revolução tecnológica aliada ao apoio à decisão. Os gestores industriais procuram soluções para os seus problemas do dia-a-dia nos seus vários níveis de decisão estratégica, tática e operacional, preferencialmente de forma integrada, envolvendo o planeamento de processos multi-produto ou cadeias de abastecimento com múltiplas entidades, por exemplo. De uma forma geral, o nível estratégico lida com decisões a longo prazo, como a definição de capacidade e localização de instalações, o nível tático aborda as necessidades de recursos e fluxos de materiais, e o nível operacional contempla as decisões focadas no escalonamento e alocação de tarefas [1]. Mas deve ser igualmente reconhecido o exemplo da comunidade científica da área da Investigação Operacional (IO) ao procurar explorar técnicas e modelos analíticos eficientes (exatos e não-exatos) para abordar a dimensão destes problemas em contexto real. A diversidade e multiplicidade das decisões resulta normalmente numa complexidade computacional que tem vindo a ser ultrapassada pelo baixo custo e acessibilidade dos sistemas informáticos. A implementação de ferramentas de apoio à decisão em ambiente industrial continua, porém, a ser um dos maiores desafios. Deve por isso ser perguntado: que qualidade de decisões procura um gestor industrial? Admitindo que o sucesso ou falhanço de uma empresa depende da qualidade das decisões, a busca pela solução ótima pode ser obstada por restrições de tempo, permitindo explorar a “melhor” solução possível (eventualmente não ótima). É neste contexto que diferentes técnicas de IO, como a otimização e simulação, podem estabelecer uma abordagem alternativa ou combinada para a resolução destes problemas de decisão.

COMBINAR SIMULAÇÃO COM OTIMIZAÇÃO

Com origem na Antiguidade, a técnica de otimização encontra-se tipicamente associada

ao desenvolvimento de um modelo matemático que descreve todas as decisões admissíveis, tendo em vista encontrar a solução ótima ao quantificar o valor de cada decisão. Por seu lado, a técnica de simulação conta com décadas de existência e engloba um largo espectro desde Monte Carlo a eventos discretos, baseada em agentes, dinâmica, contínua ou híbrida. A sua adoção no meio industrial tem sido crescente, muito por conta da disponibilidade e disseminação de recursos de computação. Se, de início, a técnica de simulação era vista com algumas reticências quanto ao seu valor e utilidade como metodologia “faz de conta”, atualmente é identificada como um dos pilares da quarta revolução industrial. A dúvida sobre o seu uso despoletou o desenvolvimento de competências de representação gráfica, em particular por parte dos softwares comerciais de simulação. Com isto evidenciou-se, entre outras, a possibilidade de ver a “realidade” do sistema em funcionamento em 2D ou 3D, garantindo uma conceção espacial dos fluxos modelados e a verificação gráfica de erros/ineficiências, assim como transmitir confiança aos gestores na decisão e avaliação dos resultados simulados na implementação de iniciativas estratégicas ou operacionais.

Ao aliar a natureza descritiva e preditiva da simulação à natureza prescritiva da otimização tem sido possível explorar problemas de decisão mais complexos, como referido por Figueira et al. (2014), permitindo diversas hierarquias de interação entre técnicas de simulação-otimização. Por exemplo, a capacidade do modelo de simulação em incorporar um elevado nível de detalhe tem potenciado as valências da tomada de decisão dos modelos de programação matemática na determinação de parâmetros ou avaliação de cenários. É ainda acrescida a preponderância na modelação de relações não-lineares ou incerteza, cuja contraparte nos modelos matemáticos deriva invariavelmente em aproximações para contornar o aumento da complexidade estocástica. Os mesmos autores definiram uma taxonomia de classificação para estes métodos que os divide em dois propósitos de interação, a simulação para avaliar soluções, a partir de modelos analíticos ou meta-modelos, e a modelação híbrida, em que a simulação é usada conjuntamente no melhoramento e

“DEPENDENDO DA COMPLEXIDADE E TAMANHO DO MODELO (...), O TEMPO NECESSÁRIO PARA A EXECUÇÃO DOS MODELOS E OBTENÇÃO DOS RESULTADOS PODE SER ELEVADO - TÍPICAMENTE DE ALGUNS SEGUNDOS A ALGUMAS HORAS”

geração da solução [2].

Estas recentes abordagens de simulação-otimização na literatura, cujo destaque inclui a simulação por eventos discretos, baseada em agentes e dinâmica de sistemas, têm vindo a abordar problemas de planeamento de recursos, capacidade, lotes e tarefas de processos [3]. Como revisto por Luo et al. (2022), uma das maiores desvantagens identificadas no procedimento é a necessidade de múltiplas

replicações atendendo à dimensão do espaço de probabilidade e abstração/detalhe do modelo. Igualmente referido, a tendência de utilização de dados em tempo real no contexto da Indústria 4.0 pode formular modelos de simulação mais precisos, mas cria novos desafios no desenvolvimento de algoritmos eficientes que potenciem as vantagens da simulação-otimização.

ABORDAGENS BASEADAS EM SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO

Dado que a simulação oferece uma oportunidade de representar com maior precisão os problemas industriais, a sua utilização como técnica alternativa apenas pode ser considerada exequível quando o espaço de soluções a simular é reduzido. Este esforço computacional acresce ainda com a geração de modelos dinâmicos tridimensionais, que acontece no ambiente de visualização gráfica do funcionamento do sistema. Tal reduz quando se procede à execução de experiências que visam, unicamente, a computação de dados e geração de resultados. Mesmo assim, e dependendo da complexidade e tamanho do modelo (por

vezes características independentes), o tempo necessário para a execução dos modelos e obtenção dos resultados pode ser elevado - tipicamente de alguns segundos a algumas horas. Esta restrição tende a ter cada vez menos impacto devido, entre outros, à crescente capacidade de computação, e ao desenvolvimento de modelos de simulação customizados através de linguagens de programação (p.e. Python) em detrimento do uso de um software comercial.

A abordagem à resolução de problemas com recurso à simulação goza de elevada flexibilidade de atuação. Numa perspetiva mais tradicional, após identificação do problema, é desenvolvido o modelo de simulação do sistema real a ser estudado e, após validação do modelo, executam-se as experiências necessárias para a obtenção dos resultados pretendidos. Esta abordagem prima por ser direta no desenvolvimento do modelo do contexto real e na obtenção dos resultados específicos desejados.

Dada a relevância dos processos em contexto hospitalar, um exemplo deste tipo de trabalho foi desenvolvido no Hospital de Braga no pico

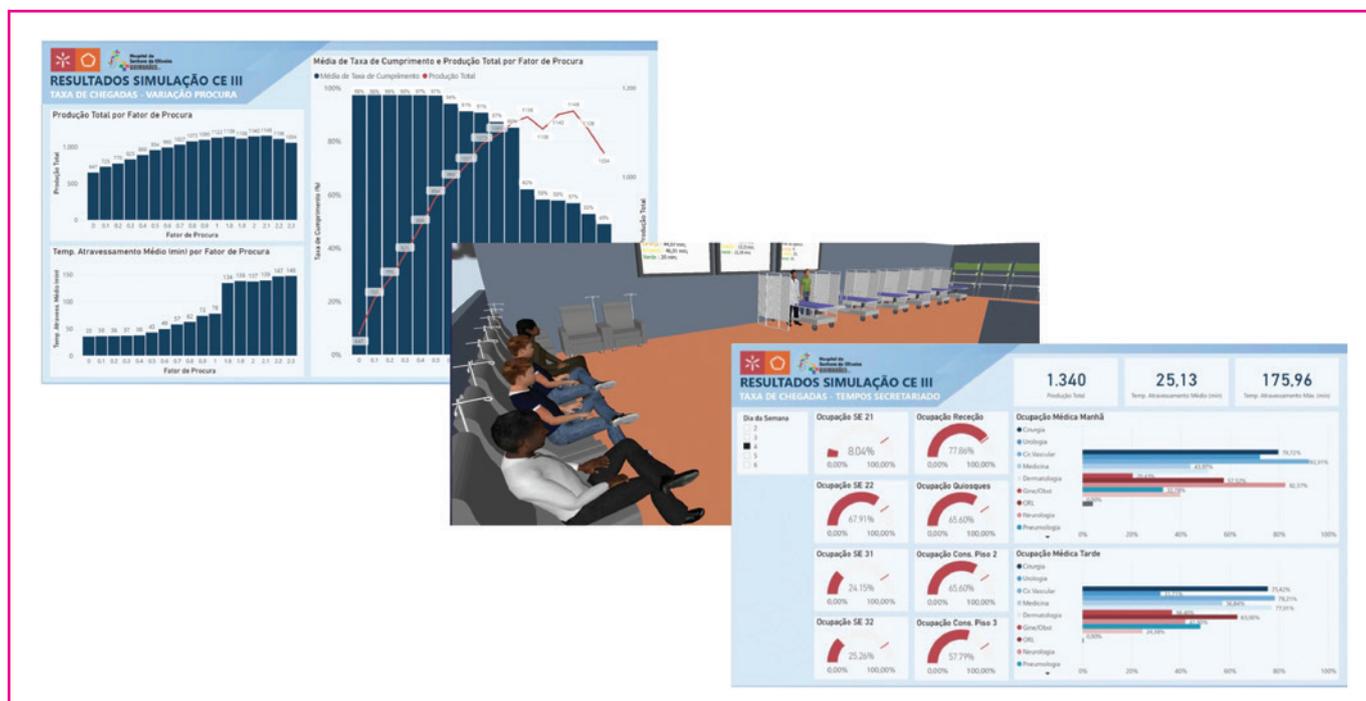


Fig. 1 - Modelo de simulação e análise de dados com PowerBI.

da pandemia COVID-19. O objetivo era o controlo do fluxo de pacientes de modo a garantir o distanciamento social necessário à segurança dos utentes, mantendo elevados níveis de desempenho operacional. Após modelação e validação do modelo, foram desenvolvidas várias experiências fazendo variar os parâmetros relevantes do funcionamento do sistema de modo a obter os resultados críticos para análise.

Esta abordagem é focada na obtenção de resultados para objetivos específicos de funcionamento das operações. Tem, no entanto, um contratempo importante. Para alguns parâmetros do funcionamento do sistema podem não ser efetuadas experiências com a sua variabilidade (ou a sua variabilidade ser mínima) devido a não serem relevantes para o objetivo em questão. Caso esses parâmetros venham a ser importantes, novas simulações devem ser efetuadas e novos resultados devem ser gerados. Para contornar as sucessivas iterações de modelação e geração de resultados, podem adotar-se estratégias de geração de grandes quantidades de dados (resultados de simulação) que depois devem ser processados por técnicas de análise de dados. Um exemplo desta abordagem de simulação foi aplicado no Hospital de Guimarães. Após validação do modelo, foram gerados resultados fazendo variar todos os parâmetros do modelo numa elevada gama de valores do seu domínio (acima e abaixo dos valores de referência). O software PowerBI foi utilizado para processar a grande quantidade de dados gerada e compilar

resultados baseados nos indicadores de desempenho desejados. O uso desta ferramenta permite que os gestores definam a parametrização do sistema e identifiquem de imediato os resultados esperados, sem necessidade de recorrer novamente à simulação (Figura 1).

De facto, esta abordagem confere mais flexibilidade aos gestores na obtenção de indicadores de desempenho do sistema sem necessidade de recorrerem novamente ao software de simulação. No entanto, para que tal seja possível, é necessário que na fase de simulação e geração de resultados sejam efetuadas centenas ou milhares de experiências com as combinações de valores de parâmetros necessárias. Daqui se compreende que para sistemas muito complexos, com muitos parâmetros e cujo domínio de variação seja elevado, esta abordagem seja morosa e, eventualmente, pouco eficiente nessa fase específica.

Ambas as abordagens acima descritas padecem de um problema comum: a modelação específica do sistema. Esta modelação pode consumir muito tempo e, assim, torna-se imperativo conseguir que a modelação dos sistemas seja mais eficiente. Um exemplo deste tipo foi desenvolvido na Bosch Car Multimedia em Braga, tendo sido desenvolvido um software para geração automática de modelos de simulação de linhas de produção [4]. Após a inserção dos parâmetros fundamentais de definição da linha o software era capaz de, automaticamente, gerar o respetivo modelo de simulação (Figura 2).

Compreende-se assim o potencial da geração

“NO ÂMBITO DA DECISÃO, FICA LIMITADA A CONVERGÊNCIA PARA SOLUÇÕES EXEQUÍVEIS EM PROBLEMAS EM QUE A DIMENSÃO DA INCERTEZA TORNA IMPRESCINDÍVEL SIMULAR UM VASTO ESPAÇO DE SOLUÇÕES COM ELEVADO NÚMERO DE RÉPLICAS”

automática de modelos de simulação com a capacidade de visualização, na geração de cenários para obtenção de resultados e indicadores de desempenho. No entanto, no âmbito da decisão, fica limitada a convergência para soluções exequíveis em problemas em que a dimensão da incerteza torna imprescindível simular um vasto espaço de soluções com elevado número de réplicas. Com a integração de modelos de simulação e de otimização, é possível, por exemplo no desenho e planeamento de uma cadeia de abastecimento da biomassa para Portugal, avaliar soluções considerando incerteza a partir de um cenário inicial obtido por um modelo determinístico [5]. As fontes de incerteza nestas cadeias de abastecimento

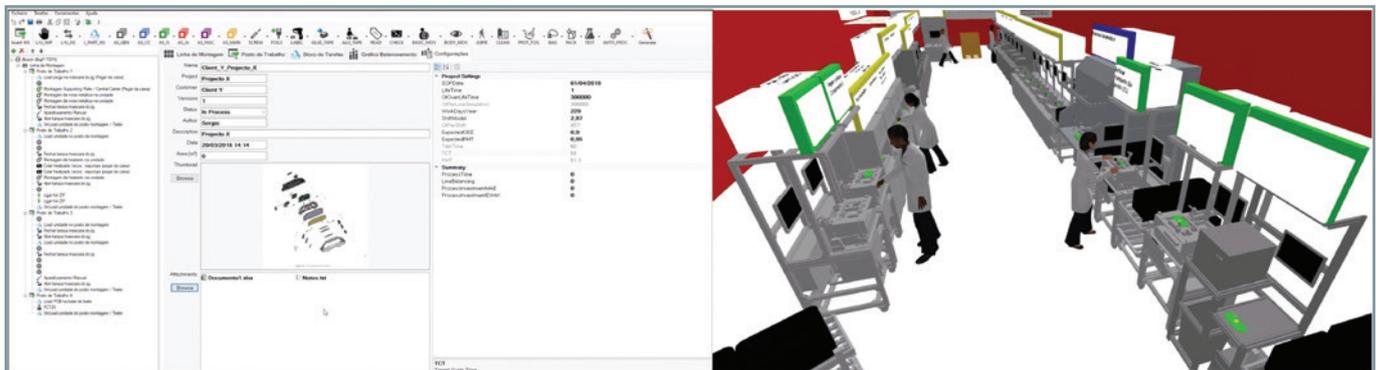
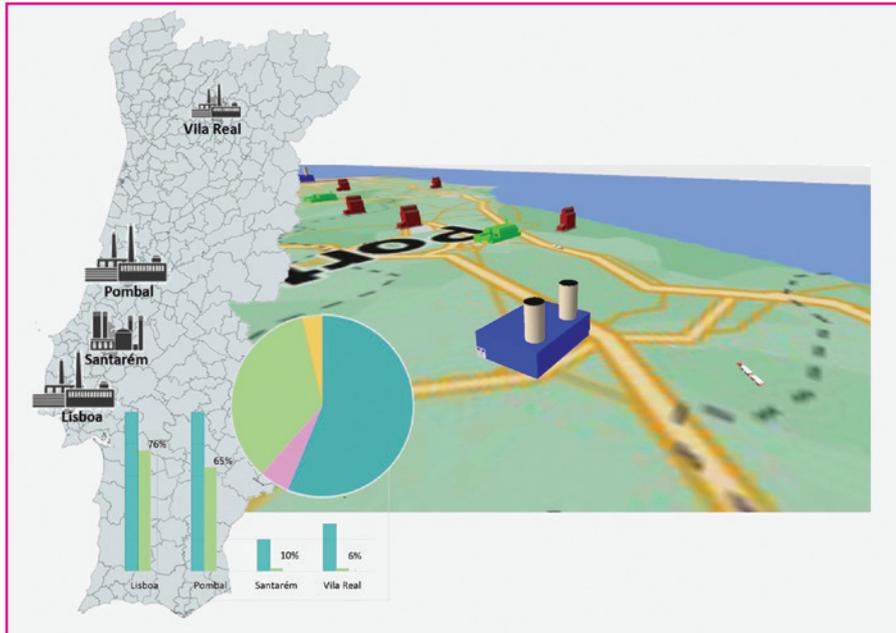


Fig. 2- Geração automática de modelos de simulação de linhas de produção (adaptado de [4]).



“O PROPÓSITO ITERATIVO DA SIMULAÇÃO-OTIMIZAÇÃO PROCURA UMA CONVERGÊNCIA A SOLUÇÕES CUJO ÓTIMO PODERÁ NÃO SER GARANTIDO”

Fig. 3 - Localizações de unidades fabris numa cadeia de abastecimento de biomassa (adaptado de [5]).

podem abarcar desde a sazonalidade das origens de biomassa ou a procura por bioprodutos, até aos aspetos operacionais de transporte e performance da tecnologia instalada. São fatores que afetam a viabilidade económica de decisões estratégicas e que envolvem o número, localização e capacidades das unidades e recursos necessários (Figura 3). Ao permitir simular a solução inicial perante estas condições “reais” e avaliar o seu desempenho, é possível estudar e alterar a estrutura da rede, como demonstrado, com a adição de unidades de armazenamento intermédio que permitem minimizar o efeito da incerteza na disponibilidade da biomassa.

O propósito iterativo da simulação-otimização procura uma convergência a soluções cujo ótimo poderá não ser garantido, mais evidente ainda com o aumento da dimensão do problema. Nomeadamente na modelação híbrida, a utilização recursiva dos dois modelos (p.e. Recursive Optimization-Simulation Approach) conduz a uma solução final iterativamente gerada até ser satisfatória (normalmente impondo um critério de paragem) em que parâmetros do modelo analítico são modificados pelos resultados da simulação. Por exemplo, a sua aplicação a problemas de planeamento e escalonamento da produção permite combinar um modelo MILP em que a solução é

formulada com a influência de um modelo de simulação detalhado da linha de montagem industrial e as suas restrições operacionais [6]. Em particular, a viabilidade da solução de planeamento agregado da produção é avaliada ao nível do seu escalonamento simulado, impondo regras de despacho e verificando a capacidade e alocação de recursos. Em conclusão, as diversas abordagens combinando as técnicas de simulação e otimização abrem um leque de possibilidades metodológicas, em que a busca por soluções adequadas à flexibilidade dos processos e rapidez da decisão representam desafios que merecem investigação nos seus vários contextos industriais.

REFERÊNCIAS

- [1] Barbosa-Póvoa, A. P., da Silva, C., and Carvalho, A. (2018). Opportunities and challenges in sustainable supply chain: An operations research perspective. *European Journal of Operational Research*, 268(2), 399-431.
- [2] Figueira, G., and Almada-Lobo, B. (2014). Hybrid simulation-optimization methods: A taxonomy and discussion. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 46, 118-134.
- [3] Luo, D., Thevenin, S., and Dolgui, A. (2022). A state-of-the-art on production planning in Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 1-31.
- [4] Barreiro, S., Henriques, M., Gonçalves, B. S. (2020). PLS: Production Line Simulation. *SimioSync 2020*, outubro de 2020.
- [5] Paulo, H., Vieira, M., Gonçalves, B. S., Pinto-Varela, T., and Barbosa-Póvoa, A. P. (2022). Assessment of biomass supply chain design and planning using discrete-event simulation modeling. *Computer Aided Chemical Engineering*, 51, 967-972.
- [6] Vieira, M., Moniz, S., Gonçalves, B. S., Pinto-Varela, T., Barbosa-Póvoa, A. P., and Neto, P. (2022). A two-level optimisation-simulation method for production planning and scheduling: the industrial case of a human-robot collaborative assembly line. *International Journal of Production Research*, 60(9), 2942-2962.

CONTRIBUIÇÕES PARA A MELHORIA DOS SISTEMAS DE SAÚDE EXPLORANDO TÉCNICAS DE INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL



DANIEL SANTOS

CEGIST, Instituto Superior Técnico,
Universidade de Lisboa
daniel.rebelo.santos@tecnico.ulisboa.pt



ANA BARBOSA-PÓVOA

CEGIST, Instituto Superior Técnico,
Universidade de Lisboa
apovoa@tecnico.ulisboa.pt



MARIANA OLIVEIRA

CEGIST, Instituto Superior Técnico,
Universidade de Lisboa
mariana.m.oliveira@tecnico.ulisboa.pt



MARIA MENESES

CEGIST, Instituto Superior Técnico,
Universidade de Lisboa
maria.meneses@tecnico.ulisboa.pt



PAULO ABREU

CEGIST, Instituto Superior Técnico,
Universidade de Lisboa
paulo.abreu@tecnico.ulisboa.pt



MARIA LOPES

CEGIST, Instituto Superior Técnico,
Universidade de Lisboa
maria.lopes.martins@tecnico.ulisboa.pt

Um dos principais desafios da atualidade em Portugal é o de assegurar a existência de um sistema de saúde público forte, que responda às necessidades de uma população a envelhecer, que garanta o acesso equitativo e atempado a cuidados de saúde, e que procure usar novas abordagens e tecnologias. No Centro de Estudos de Gestão do Instituto Superior Técnico (CEGIST), temos trabalhado neste sentido em quatro frentes principais.

LISTAS DE ESPERA PARA CIRURGIA (autora Mariana Oliveira)

O envelhecimento da população, o aumento da procura por serviços de saúde e o desenvolvimento de novas e dispendiosas tecnologias criam desafios na prestação de cuidados de saúde. A complexidade é acrescida uma vez que os hospitais são pressionados a reduzir custos

mantendo a qualidade do serviço prestado. Os blocos operatórios têm o maior impacto no desempenho de cada hospital pois são o principal motor dos seus custos e receitas. Além disso, as cirurgias são a maior causa para entradas e saídas de doentes dos hospitais. Quando é identificada a necessidade de uma cirurgia, é atribuído ao doente um nível de prioridade, ao qual está associado um tempo máximo de resposta garantido (TMRG) até à cirurgia. Ao fim deste tempo, caso o hospital continue sem dar resposta ao doente, é-lhe atribuída uma nota de transferência ou vale-cirurgia (NT/VC) para que seja transferido para outro prestador de cuidados de saúde.

A criação de sistemas como o das NT/VC, realça que nem sempre é fácil garantir que o doente receba o tratamento necessário dentro do TMRG. Estes atrasos têm um impacto direto no estado

de saúde dos doentes na lista de espera. É, assim, imperativo garantir a eficiência dos blocos operatórios. No grupo temos reunido esforços para identificar problemas no sistema de gestão de cirurgias em Portugal e propor soluções para combater os longos tempos de espera para cirurgias eletivas. Foram identificadas várias oportunidades de melhoria, nomeadamente na previsão das listas de espera, na alocação de recursos humanos e de doentes aos hospitais, na categorização de doentes cirúrgicos, na alocação de tempo de bloco operatório, entre outros. Destacamos os resultados de um estudo nosso que avalia se é possível acompanhar melhor as flutuações de procura através de um modelo de otimização que permite flexibilidade na criação dos planos operatórios [1]. Este trabalho apresenta características inovadoras, tais como considerar objetivos de resposta à procura nos

níveis estratégicos e táticos de decisão, estudar a dinâmica das listas de espera e flexibilidade de planos operatórios, e propor uma abordagem combinada de otimização e simulação. O plano operatório é otimizado, os níveis de procura incertos são modelados através da simulação e a alocação resultante é avaliada com base em indicadores, que refletem a equidade de acesso aos cuidados de saúde (ver figura 1).

Os resultados mostram que a simples otimização do plano operatório, mesmo que inflexível à procura, permite aumentar o número de doentes tratados por ano, diminuir os tempos de espera e diminuir o número de doentes que ultrapassam o TMRG. Ao permitir um plano operatório flexível, com alterações semanais e mensais, embora se aumente a complexidade do planeamento operacional e se diminua a estabilidade dos horários do pessoal, é atribuído mais tempo de bloco às especialidades com listas de espera mais longas, o que melhora ainda mais os indicadores mencionados e torna as listas de espera mais equilibradas.

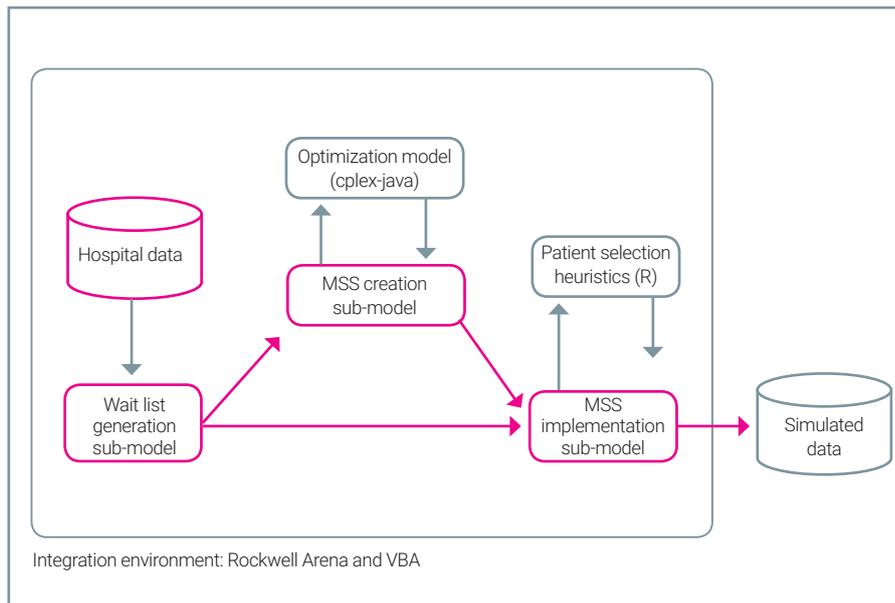


Fig 1 - Representação da integração dos modelos de otimização e simulação para definição de planos operatórios [1].

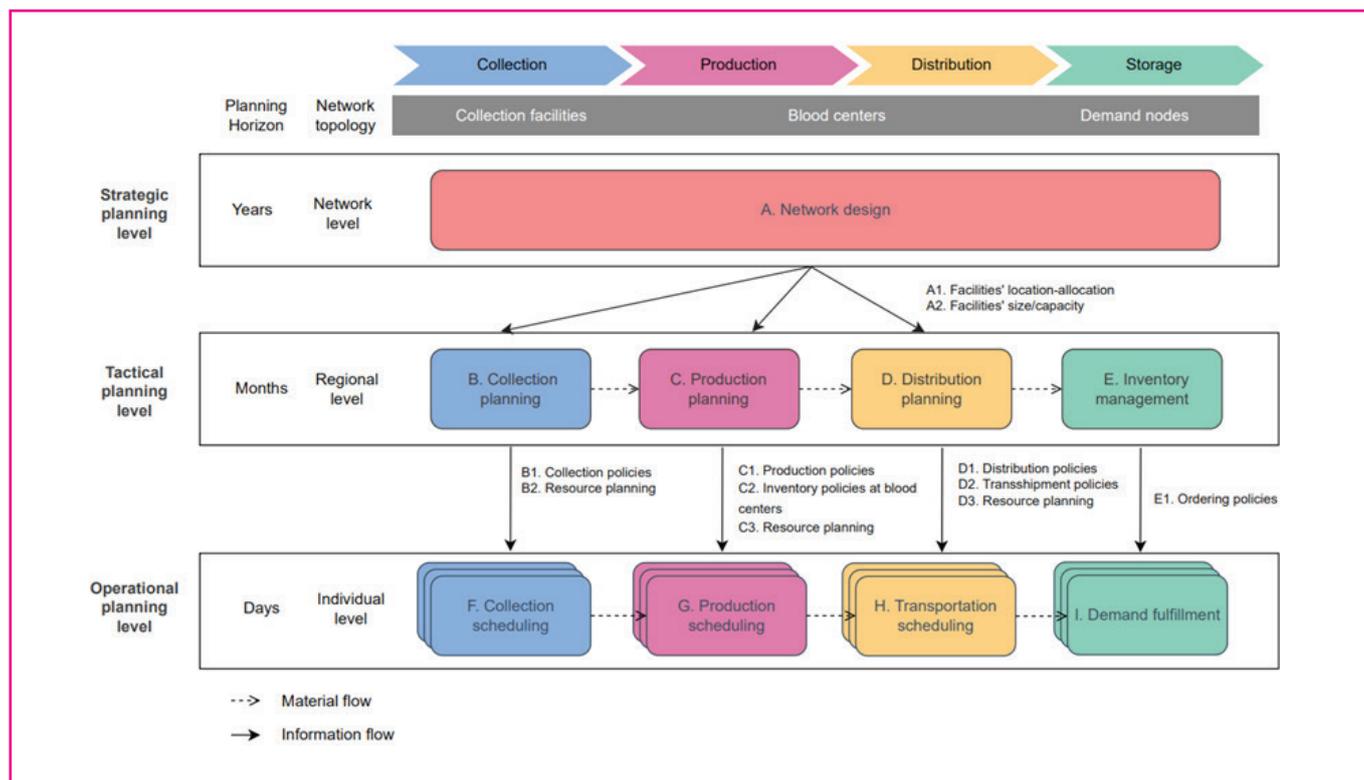


Fig 2 - Principais decisões do planeamento da cadeia de abastecimento do sangue [3].

CADEIA DE ABASTECIMENTO DO SANGUE

(autora Maria Odete Meneses)

A cadeia de abastecimento do sangue é um pilar fundamental de um sistema de saúde, dada a importância do sangue em tratamentos e cirurgias, realizados em ambiente hospitalar. Contudo, a sua gestão é desafiante por vários motivos. Primeiro, a oferta, baseada apenas em doações voluntárias, e a procura de sangue são ambas incertas. Segundo, o sangue é um produto perecível, o que impossibilita o seu armazenamento por longos períodos. Terceiro, sendo o sangue um produto indispensável e insubstituível, um planeamento inadequado da cadeia pode levar a escassez de produtos sanguíneos que, por sua vez, pode comprometer a segurança dos doentes. Por outro lado, uma acumulação excessiva de sangue pode levar ao seu desperdício que, por questões éticas, também deve ser evitado. Perante os desafios inerentes a esta cadeia, ferramentas de apoio à decisão são essenciais para otimizar o funcionamento da rede. Uma revisão da literatura dos principais artigos que abordam o planeamento da cadeia com recurso à otimização foi por nós desenvolvida [2]. Neste artigo, são apresentados os problemas de planeamento de acordo com o horizonte temporal, bem como as integrações necessárias para

uma abordagem holística do problema, tal como ilustrado na Figura 2.

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos sobre os problemas identificados. No grupo olhamos para decisões de gestão de inventário em hospitais [3] tendo sido desenvolvido um modelo de programação estocástica de 2 estágios, o qual foi aplicado a um hospital português, e várias políticas de gestão de inventário foram analisadas. Os resultados comprovam que é possível minimizar o desperdício e os custos mantendo o nível de serviço.

Mais recentemente, temos trabalhado no desenvolvimento de um modelo de programação inteira que integra a estratégia de colheita e produção com o planeamento de recursos a médio prazo. Adicionalmente, um modelo de previsão da procura está a ser desenvolvido para complementar os modelos de otimização. Para além de colmatar um desafio identificado na literatura, estes modelos irão servir de apoio à decisão do planeamento do Instituto Português do Sangue e Transplantação. Os resultados preliminares indicam que com um agendamento otimizado das sessões de colheita é possível satisfazer a procura com um menor número de sessões e, conseqüentemente, diminuir o desperdício e os custos envolvidos nas atividades de colheita e produção.

“PARA ALÉM DE COLMATAR UM DESAFIO IDENTIFICADO NA LITERATURA, ESTES MODELOS IRÃO SERVIR DE APOIO À DECISÃO DO PLANEAMENTO DO INSTITUTO PORTUGUÊS DO SANGUE E TRANSPLANTAÇÃO”

SERVIÇOS DE EMERGÊNCIA MÉDICA

(autor Paulo Abreu)

Com atuação no contexto pré-hospitalar, os serviços de emergência médica (SEM) têm como principal objetivo assegurar um bom nível de serviço aos cidadãos. Para isso, é necessário

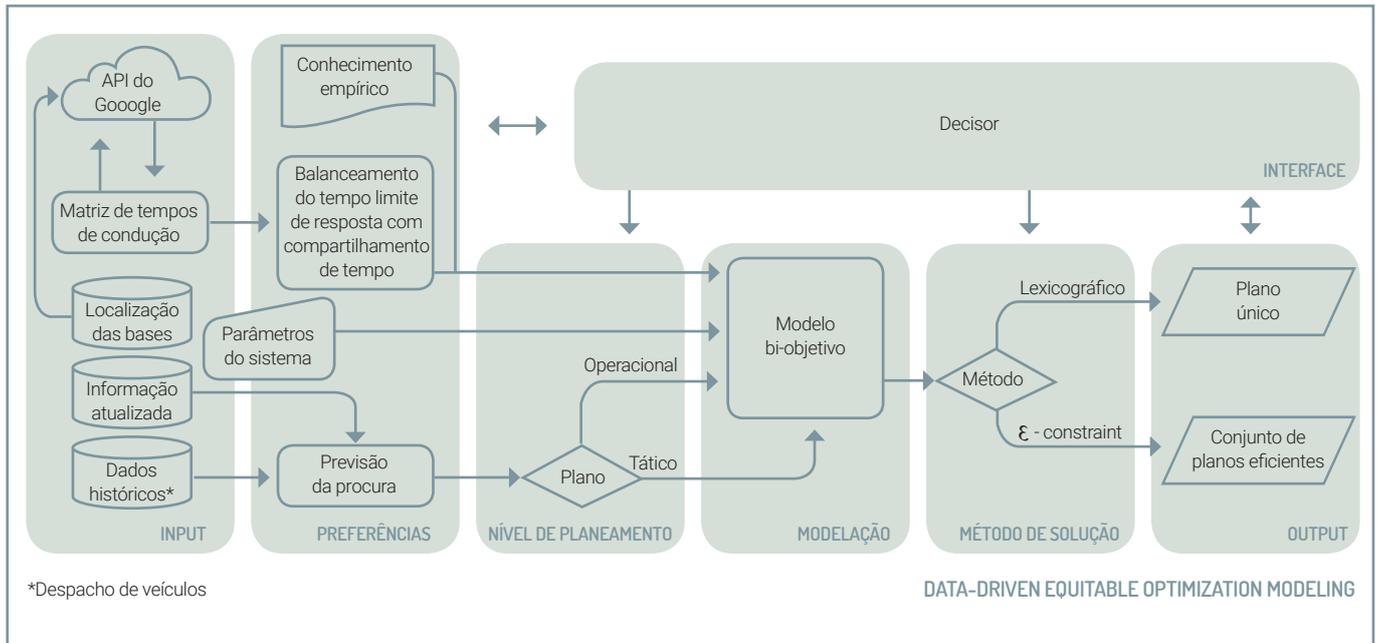


Fig 3 - Representação do processo de tomada de decisão explorado no D-DEOM.

garantir que os recursos necessários estão disponíveis no momento, na quantidade e no local certo. Anteriores modelos para o planeamento destes recursos procuram garantir a máxima cobertura. Contudo, a definição de cobertura utilizada pode originar que pontos com pouca procura possam ser descurados face a pontos com maior procura. Neste sentido, garantir equidade de acesso é um objetivo emergente na literatura dos SEM e vem sendo explorada com diferentes métricas já utilizadas em outras áreas, tais como o coeficiente Gini e o Bernoulli-Nash [4,5]. No entanto, a literatura indica que a utilização desses modelos pelos decisores ainda é um desafio a ser ultrapassado, visto que não fornecem flexibilidade para explorar as características particulares de cada sistema, que dependem do contexto social e económico onde o mesmo está inserido [6].

Reconhecendo estas necessidades, desenvolvemos um sistema de apoio à decisão, o Data-Driven Equitable Optimization Modeling (D-DEOM). Esta ferramenta incorpora modelos de previsão da procura [7] para planear a localização e realocação de veículos de emergência ao nível tático ou operacional. O D-DEOM é composto por diferentes partes, como pode ser visto na Figura 3. Diferente das abordagens disponíveis na literatura, o D-DEOM permite ao decisor guiar o

processo de otimização. Em particular, permite ao decisor ajustar o número de bases que irão colaborar através de uma estratégia de partilha de tempo disponível dos veículos de emergência médica nelas parquoados, com base no volume de procura de cada nó do sistema. O modelo de otimização do D-DEOM usa também os conceitos de equidade vertical e horizontal. Desta forma, é assegurado que veículos de uma base com procura elevada se concentrem apenas na sua própria procura e, se for preciso, ainda recebem apoio de bases próximas, enquanto que bases com baixa procura podem ter o tempo inativo dos seus veículos dedicados a outras bases. O D-DEOM foi validado com dados de Lisboa, tendo em conta a configuração atual de recursos do Instituto Nacional de Emergência Médica. Os resultados mostram que, ao permitir uma realocação de veículos por dia, se consegue uma carga de trabalho mais equitativa para o pessoal. É também possível alcançar melhorias de cerca de 15% em cobertura e 35% em equidade no acesso aos SEM. Além disso, dentro do conjunto de soluções eficientes (Figura 4), algumas mostram que é possível ganhar mais em equidade do que se perde em cobertura, pelo que o D-DEOM pode ser uma boa alternativa para decisores interessados num sistema mais equitativo.

“NO ENTANTO, A LITERATURA INDICA QUE A UTILIZAÇÃO DESSES MODELOS PELOS DECISORES AINDA É UM DESAFIO A SER ULTRAPASSADO, VISTO QUE NÃO FORNECEM FLEXIBILIDADE PARA EXPLORAR AS CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE CADA SISTEMA, QUE DEPENDEM DO CONTEXTO SOCIAL E ECONÓMICO ONDE O MESMO ESTÁ INSERIDO [6]”

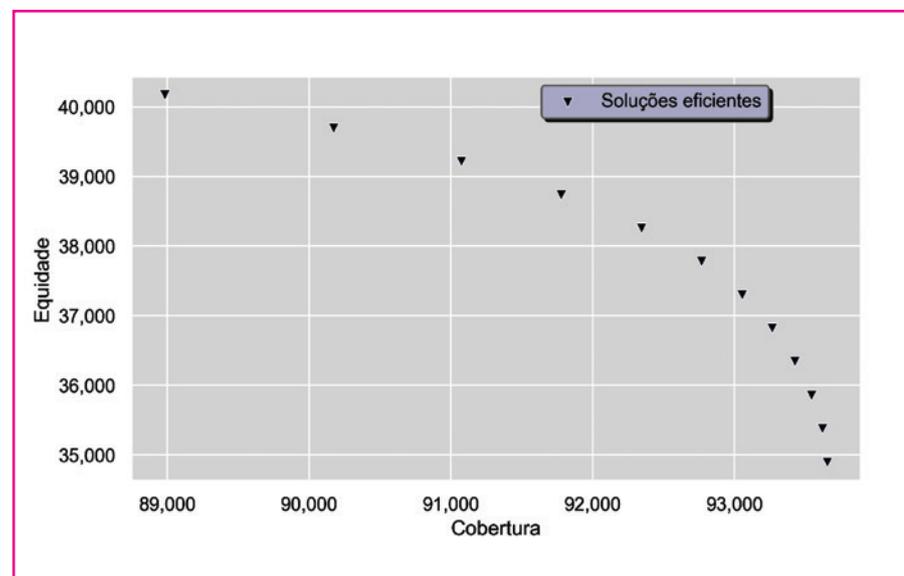


Fig 4 - Soluções eficientes obtidas via D-DEOM.

PLANEAMENTO ESTRATÉGICO DA REDE HOSPITALAR

(autora Maria Lopes)

O planeamento e desenho de uma rede hospitalar, no contexto de um Serviço Nacional de Saúde (SNS) como o de Portugal, é o primeiro passo para a garantia da prestação de cuidados de saúde de forma eficiente e equitativa a toda a população. Este planeamento enquadra-se na tomada de decisão ao nível estratégico, com carácter duradouro e com impacto a longo prazo em todas as decisões que dele provêm, como as apresentadas até aqui. Por esta razão, o nosso grupo, tem recentemente, abordado este tema. A crescente procura por serviços de saúde observada nas últimas décadas tem ditado o progressivo interesse na aplicação de abordagens de otimização a problemas de localização de serviços de saúde e alocação de pacientes e recursos. A literatura disponível é vasta. No en-

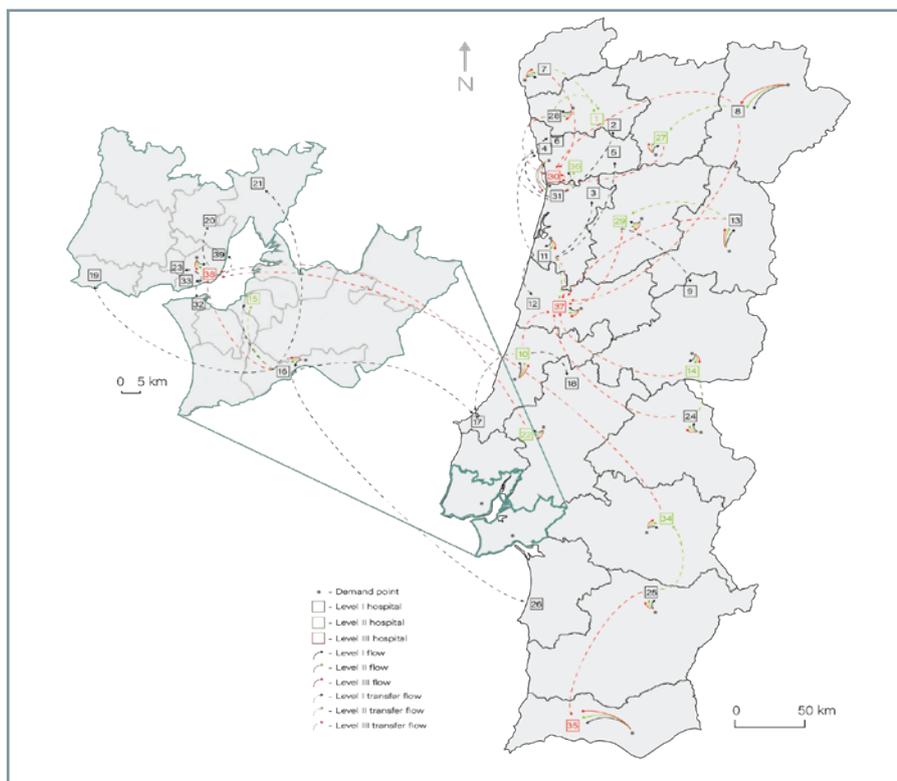


Fig 5 - Rede de Referência para a Especialidade Médica de Cardiologia, t=1.

tanto, os modelos até agora desenvolvidos não se ajustam à realidade do SNS português. Em particular, o SNS apresenta uma organização multi-hierárquica, por especialidade médica, e não por instituição hospitalar, caso comum com grande representatividade na literatura. Assim, no grupo estamos a desenvolver e a implementar um modelo, que seja genérico e

abrangente, mas capaz de detalhar as particularidades das chamadas redes de referência do SNS. Uma primeira abordagem foi já desenvolvida e testada sob a forma de um modelo em programação linear inteira mista que permite a introdução de estocacidade através da definição de diferentes cenários de procura. Sendo também um modelo multi-período, permite captar

“O PLANEAMENTO E DESENHO DE UMA REDE HOSPITALAR, NO CONTEXTO DE UM SERVIÇO NACIONAL DE SAÚDE (SNS) COMO O DE PORTUGAL, É O PRIMEIRO PASSO PARA A GARANTIA DA PRESTAÇÃO DE CUIDADOS DE SAÚDE DE FORMA EFICIENTE E EQUITATIVA A TODA A POPULAÇÃO”

as alterações demográficas expectáveis no território nacional, e adaptar a oferta dos serviços em cada uma das localizações disponíveis à área de influência correspondente.

Os resultados para uma iteração temporal do modelo para o serviço de Cardiologia no território nacional, são apresentados na Figura 5. Estes mostram a definição do nível da especialidade médica em cada uma das localizações ditadas pelo modelo, a definição da área de influência direta de cada hospital (fluxo dos pontos de procura para os hospitais) e ainda a rede de referência entre instituições hospitalares (fluxos de transferência).

Numa nova etapa estamos a estender e melhorar o modelo, com o desenvolvimento de uma abordagem de resolução multi-objetivo, bem como com a inclusão de diferentes especialidades médicas em simultâneo.

REFERÊNCIAS

- [1] Oliveira, M., Visintin, F., Santos, D., and Marques, I. (2021). Flexible master surgery scheduling: combining optimization and simulation in a rolling horizon approach. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 1-35.
- [2] Meneses, M., Santos, D., and Barbosa-Póvoa, A. (2022). Modelling the Blood Supply Chain—From Strategic to Tactical Decisions. *European Journal of Operational Research*.
- [3] Meneses, M., Marques, I., and Barbosa-Póvoa, A. (2021). Blood inventory management: Ordering policies for hospital blood banks under uncertainty. *International Transactions in Operational Research*.
- [4] Aringhieri, R., Bruni, M., Khodaparasti, S., and van Essen, J. (2017). Emergency Medical Services and Beyond: Addressing New Challenges Through a Wide Literature Review. *Computers & Operations Research*, 78:349–368;
- [5] Jagtenberg, C. J. and Mason, A. J. (2020). Improving fairness in ambulance planning by time sharing. *European Journal of Operational Research*, 280(3):1095–1107;
- [6] Bélanger, V., Ruiz, A., and Soriano, P. (2019). Recent Optimization Models and Trends in Location, Relocation, and Dispatching of Emergency Medical Vehicles. *European Journal of Operational Research*, 272(1):1–23;
- [7] Abreu, P., Santos, D., and Barbosa-Póvoa, A. (2022). Data-driven forecasting for operational planning of emergency medical services. *Socio-Economic Planning Sciences*, 101492.

CONTRIBUTOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO PLANEAMENTO AUTOMATIZADO EM RADIOTERAPIA

Segundo dados da Organização Mundial de Saúde, o cancro é a segunda causa de morte a nível mundial, imediatamente atrás das doenças cardiovasculares. No ano de 2020 foram diagnosticados 19.3 milhões de novos casos e 10.0 milhões de pessoas faleceram com doença oncológica em todo o mundo. Os tipos de cancro mais comuns são os de pulmão, os de mama e colorretais, e são responsáveis por um terço da incidência e da mortalidade associada às doenças oncológicas. Atualmente, o tratamento do cancro é feito através de uma abordagem multidisciplinar, em que se destacam, como principais modalidades de tratamento, a cirurgia, a radioterapia e a terapia sistémica. A radioterapia pode ser utilizada isoladamente ou em conjunto com outras modalidades no tratamento do cancro. Estima-se que, num dado momento do seu processo terapêutico, mais de 50% dos novos casos de cancro e 25% dos casos reincidentes recebam um tratamento de radioterapia e que, desses, 40% correspondam a doentes que tenham conseguido vencer a doença.

Enquanto modalidade terapêutica, a radioterapia utiliza radiação ionizante para eliminar de forma controlada as células tumorais, poupando o mais possível os órgãos e tecidos normais adjacentes (órgãos de risco), permitindo uma elevada probabilidade de controlo tumoral local e loco-regional. O tratamento de radioterapia consiste num processo complexo e individualizado que envolve uma equipa multidisciplinar constituída por radioncologistas, físicos médicos e técnicos superiores de diagnóstico e terapêutica. A radiação ionizante é, normalmente, produzida por um acelerador linear que pode rodar em torno do doente. O tratamento é fornecido ao doente ao longo de várias sessões de tratamento utilizando diferentes técnicas de irradiação. São utilizados feixes de radiação, uniformes ou não uniformes (estáticos ou dinâmicos) moldados por colimadores multifolhas, que incidem sobre o volume alvo de diferentes direções enquanto o braço do acelerador roda em torno do doente. É necessário garantir que o plano de tratamento considerado para cada doente seja otimizado. Esta otimização é levada a cabo por um planeador, utilizando técnicas de planeamento direto ou inverso e recorrendo a um sistema de planeamento computadorizado. No pla-

neamento direto, o número, a direção e o peso dos feixes, assim como a forma do colimador multifolhas de cada feixe são definidos manualmente pelo planeador. Após o primeiro cálculo da distribuição de dose, se o plano não cumprir a prescrição de dose e as restrições de dose-volume dos órgãos de risco, é necessário realizar, por parte do planeador, um ajuste manual dos parâmetros definidos, numa lógica de tentativa-erro, até que seja encontrada uma solução admissível. No planeamento inverso, o planeador começa por definir o número de feixes e respetivas direções (ângulos) e os objetivos dosimétricos desejados para os volumes alvo e para os órgãos de risco, assim como a importância (peso) de cada estrutura. Esta informação é depois incorporada numa função objetivo que deverá guiar o algoritmo de otimização do mapa de fluências. Caso a solução obtida não corresponda ao desejado, o planeador terá de, iterativamente, ajustar os diferentes parâmetros do modelo (ângulos, pesos e objetivos) até encontrar uma solução que o satisfaça.

Quer no planeamento direto, quer no planeamento inverso, a solução final (plano de tratamento) encontra-se dependente das competências e experiência do planeador e da complexidade do caso clínico. Esta última advém de vários fatores, um dos quais não ser possível, ao planeador, conhecer todas as interdependências existentes entre os diferentes parâmetros ajustáveis do modelo de otimização e, por isso, ser muito difícil prever qual o efeito de uma alteração num destes parâmetros em termos da qualidade do plano de tratamento. Na realidade, o valor da função objetivo utilizada na otimização e que guia a procura por um plano de tratamento não representa, de forma direta, uma métrica de avaliação do plano do ponto de vista clínico. A avaliação da qualidade do plano, realizada pelo planeador e pelo radioncologista, é feita recorrendo a diferentes fontes de informação, nomeadamente através da inspeção visual da distribuição de dose, de histogramas de dose-volume e das respetivas estatísticas de dose. Devido ao elevado número de parâmetros dosimétricos envolvidos, as ferramentas de análise tradicionais não permitem uma comparação objetiva e consistente quando diferentes soluções de planeamento são propostas para avaliação. A decisão sobre qual o melhor plano para o tra-



TIAGO VENTURA

Serviço de Física Médica, IPOCFG, EPE
INESC Coimbra
tiagopventura@gmail.com

tamento do doente é, devido à complexidade da tarefa, inevitavelmente afetada por alguma subjetividade inerente ao processo, o que contribui para a inter e intra-variabilidade na tomada de decisão final a realizar pelos radioncologistas.

Têm sido feitos grandes progressos na adaptação de métodos de otimização multicritério ao planeamento em radioterapia, com o objetivo de automatizar o processo de planeamento. Estes métodos requerem, do ponto de vista do planeador, uma muito menor, ou mesmo quase nenhuma, interação com o sistema de planeamento. O planeador torna-se, neste contexto multicritério, um decisor que poderá escolher a melhor solução do ponto de vista clínico a partir de um conjunto de soluções ótimas de Pareto. Em alternativa, o planeador pode estabelecer os critérios e objetivos que conduzam à obtenção de uma solução ótima única de Pareto. Do ponto de vista da otimização angular e da trajetória dos feixes de radiação têm sido igualmente registados desenvolvimentos importantes. É reconhecido que a escolha dos ângulos dos feixes de radiação baseada em critérios matemáticos, ao invés de baseada na experiência do planeador ou em soluções equidistantes, conduz a melhorias importantes na qualidade da dis-

tribuição de dose dos planos, que pode ser ainda mais significativa se forem considerados ângulos não coplanares. Do ponto de vista matemático, o problema da otimização angular dos feixes de radiação é descrito como um problema de otimização altamente não-convexo com muitos mínimos locais. A forma mais completa, mas também mais exigente do ponto de vista computacional, de tentar resolver este problema é considerar a resolução simultânea dos problemas de otimização angular dos feixes e do mapa de fluências. Nesta abordagem podem ser considerados dois tipos de formulações matemáticas para resolver o problema: uma formulação combinatória, onde os ângulos de irradiação são discretizados e uma formulação contínua, onde todos os ângulos possíveis para a irradiação do doente são considerados. Para a formulação combinatória são normalmente utilizadas heurísticas [1,2,3]. Para a segunda formulação são, por exemplo, utilizados métodos de procura padrão simples ou com uma implementação paralela [4,5,6].

O trabalho desenvolvido na minha tese de doutoramento teve como principal objetivo contribuir para o processo de automatização do planeamento dosimétrico através da exploração de um sistema de planeamento com otimização multicritério e comparar dois algoritmos de otimização das direções dos feixes: i) uma heurística "greedy" para uma formulação combinatória e ii) um método de procura em padrão para uma formulação contínua. Para comparar os planos produzidos pelos diferentes algoritmos foi desenvolvida uma ferramenta gráfica de comparação de planos e apoio à decisão designada por SPIDERplan [7]. Esta ferramenta, além de permitir comparar de forma eficiente e objetiva toda a informação dosimétrica das estruturas consideradas (cobertura dos volumes alvo, restrições de dose-volume dos órgãos de risco), incorpora ainda as preferências

clínicas dos radioncologistas no processo de tomada de decisão. A SPIDERplan permite apoiar, através de uma forma gráfica e/ ou do cálculo de uma pontuação global, o processo de seleção do plano a adotar de forma simples e flexível. Para além disso, como ferramenta gráfica independente, a SPIDERplan permite a comparação de planos obtidos através de diferentes processos de otimização, considerando diferentes técnicas ou sistemas de planeamento. Contudo, para a sua utilização em ambiente clínico, esta deverá ser configurada de acordo com os critérios e preferências locais ou regionais das instituições e dos seus profissionais. Assim, para os tumores da cavidade nasal e da nasofaringe, procedeu-se à validação clínica da SPIDERplan. Para a primeira patologia, a SPIDERplan foi configurada segundo uma lógica combinatória [8]. Para a segunda, foram testadas diferentes configurações e pesos utilizando um modelo de programação linear misto. Para todas as configurações e métodos foi possível, de forma global, obter avaliações e escolhas com variabilidade comparável às realizadas pelos radioncologistas. Foi ainda possível demonstrar que qualquer configuração da ferramenta pode ser utilizada sem perda de exatidão, desde que clinicamente validada.

A SPIDERplan foi depois aplicada no estudo da qualidade de dois algoritmos de otimização angular coplanar e não coplanar, acima referidos, utilizando para a otimização do mapa de fluências o sistema multicritério Erasmus-iCycle [9]. Os planos obtidos para ambos os algoritmos apresentaram elevada qualidade dosimétrica, não sendo possível encontrar, para a maioria dos casos, diferenças estatisticamente significativas. Como é comum neste tipo de análises foram evidenciados casos pontuais em que a aplicação deste tipo de algoritmos permite obter vantagem face ao cenário da solução equidistante

(plano em que não se otimizam as direções de irradiação), nomeadamente com a utilização de direções não coplanares ou com um reduzido número de feixes. Por fim, a SPIDERplan foi utilizada no estudo da otimização angular para irradiação de tumores intracranianos [10]. Além de utilizada para a avaliação dos planos gerados pelo sistema Erasmus-iCycle, a SPIDERplan foi utilizada para guiar um algoritmo de otimização de trajetórias em arco em casos clínicos de meningiomas. Os planos dosimétricos obtidos por esta estratégia apresentaram boa qualidade, mas sem diferenças significativas face aos planos com angulações escolhidas manualmente pelos planeadores. Estes resultados traduzem não só a elevada qualidade dos planeadores, mas também, mais uma vez, o facto de a otimização angular não conduzir de forma sistemática a planos de tratamento com maior qualidade do que os planos com direções otimizadas manualmente. Contudo, a elevada qualidade dos planos obtidos demonstra os possíveis benefícios da utilização de algoritmos de automatização da otimização para a geração de planos dosimétricos.

Este é um exemplo perfeito da utilização integrada do conhecimento gerado em diferentes áreas científicas: investigação operacional, física médica e oncologia.

Agradecimentos

O autor gostaria de deixar o seu profundo agradecimento ao grupo de investigação do INESC-Coimbra, instituição que deu suporte a esta investigação, constituído pela orientadora Professora Doutora Maria do Carmo Lopes (IPOCFG, EPE) e pela co-orientadora Professora Doutora Brígida da Costa Ferreira (Faculdade Ciências da Universidade de Lisboa) e ainda pela Professora Doutora Joana Matos Dias (FEUC) e pelo Professor Doutor Humberto Rocha (FEUC).

REFERÊNCIAS

- [1] Dias J, Rocha H, Ferreira BC, Lopes MC. Simulated annealing applied to IMRT beam angle optimization: A computational study. *Phys Medica*. 2015;31(7):747-756.
- [2] Dias J, Rocha H, Ferreira BC, Lopes MC. A genetic algorithm with neural network fitness function evaluation for IMRT beam angle optimization. *Cent Eur J Oper Res*. 2014;22(3):431-455.
- [3] Breedveld S, Storch P, Voet P, Heijmen B. iCycle: integrated, multi-criterial beam angle and profile optimization for generation of coplanar and non-coplanar IMRT plans. *Med Phys*. 2012;39(2):951-963.
- [4] Rocha H, Dias J, Ventura T, Ferreira B, Lopes MC. A derivative-free multistart framework for an automated noncoplanar beam angle optimization in IMRT. *Med Phys*. 2016;43(10):5514-5526.
- [5] Rocha H, Dias J, Ferreira BC, Lopes MC. Beam angle optimization for intensity-modulated radiation therapy using a guided pattern search method. *Phys Med Biol*. 2013;58(9):2939-2953.
- [6] Rocha H, Dias JM, Ventura T, Ferreira B, Lopes M. Beam angle optimization in IMRT: are we really optimizing what matters? *Intl. Trans in Op Res*. 2019;26(3):908-928.
- [7] Ventura T, Lopes MC, Ferreira BC, Khouri L. SPIDERplan: a tool to support decision making in radiation therapy treatment plan assessment. *Rep Pract Oncol Radiother*. 2016;21(6):508-16.
- [8] Ventura T, Dias J, Khouri L, Netto E, Soares A, Ferreira BC, Rocha H, Lopes MC. Clinical validation of a graphical method for radiation therapy plan quality assessment. *Radiat Oncol*. 2020; 15:64.
- [9] Ventura T, Rocha H, Ferreira BC, Dias J, Lopes MC. Comparison of two beam angular optimization algorithms guided by automated multicriterial IMRT. *Phys Med*. 2019;64:210-221.
- [10] Ventura T, Rocha H, Ferreira BC, Dias J, Lopes MC. Comparison of non-coplanar optimization of static beams and arc trajectories for intensity-modulated treatments of meningioma cases. *Phys Eng Sci Med*, 2021;44:1273-1283.

DE PORTUGAL PARA MONTRÉAL!

Foi aos 12 anos que descobri a forma perfeita de estimular a minha curiosidade e raciocínio lógico. Nessa altura tive uma professora de matemática verdadeiramente inspiradora, que adorava matemática e se esforçava para fazer os alunos adorar matemática. Assim, decidi que queria seguir uma carreira nesta área!

Em 2006, iniciei a licenciatura em Matemática na Universidade do Porto. No último ano da licenciatura, 2009, comecei a fazer investigação no Instituto de Telecomunicações, na área de Neurociências e Teoria da Informação. No entanto, foi no mestrado em Engenharia Matemática que descobri a Investigação Operacional (IO) e, em 2010, tornei-me bolsista no INESC TEC. A licenciatura e o mestrado permitiram-me explorar a programação e o pensamento algorítmico, fazendo-me questionar entre seguir uma carreira académica ou empresarial. Contudo, face à crise económica que Portugal atravessava e consequente precariedade do mercado laboral, optei por prosseguir para o doutoramento. O meio académico proporcionava-me a liberdade de direcionar o meu percurso e temas de investigação. Assim, em 2012, comecei o doutoramento na Universidade do Porto. O meu doutoramento focou-se na extensão de ferramentas de Otimização Combinatória para a resolução de problemas com mais do que um decisor. Estabeleci a complexidade de problemas fundamentais em otimização com dois níveis, desenvolvi e implementei algoritmos para os resolver de forma eficiente na prática, e adaptei ferramentas de Teoria dos Jogos e Programação Inteira-Mista para o cálculo de equilíbrios de Nash em competições de Cournot com decisões discretas e programas internacionais de doação cruzada de rins. Este trabalho foi galardoado com o *EURO Doctoral Dissertation Award*. Durante o doutoramento tive a oportunidade de estudar fora de Portugal, primeiro um ano na Universidade de Bolonha (Itália), e posteriormente meio ano no CORE (Bélgica). Quando submeti a minha tese, em dezembro de 2015, assombrou-me a questão sobre o passo seguinte na minha carreira. A Prof. Ana Viana, com quem tive o prazer de trabalhar durante o doutoramento, encorajou-me a fazer um pós-doc no INESC TEC, uma excelente escolha, da qual não lhe poderia estar mais grata. Fiz o pós-doc sob a sua orientação e durante esse período ficou claro que não só iria continuar na

academia como foi possível projetar uma visão a longo termo sobre investigação em problemas de programação multi-nível.

Em 2017 agarrei a oportunidade de fazer um *super pós-doc* no Politécnico de Montréal (Canadá). Os *super pós-docs* são parte da estratégia canadiana para evitar a fuga de cérebros para a indústria, através da criação de oportunidades atrativas e propícias para o sucesso de investigadores no mundo académico.

Foi em 2018 que se abriram as portas para uma estadia mais longa no Canadá. Aceitei a proposta da Universidade Montréal para ser professora assistente no departamento de Ciências dos Computadores e Investigação Operacional. O ecossistema de IO em Montréal é único. Para além da Universidade, existem muitos outros estabelecimentos de ensino superior onde se encontram investigadoras e investigadores de renome nesta área. Os centros de investigação, CIRRELT e GERAD, conhecidos pelos seus projetos em logística e ciências da decisão, estão situados exatamente no mesmo edifício do meu departamento. A todas estas valências, junta-se o privilégio de estar num departamento com colegas cujo trabalho é amplamente reconhecido pelo seu valor para as Ciências dos Computadores. Nestes primeiros 4 anos como professora, continuei o meu programa de investigação sobre a integração de comportamento estratégico (Teoria dos Jogos) e modelação de preferências de pessoas (Modelos de Escolha Discreta) em problemas de decisão (Otimização Inteira-Mista). A grande maioria dos meus projetos é direcionada para aplicações na Educação, Sustentabilidade e Teorias de Justiça para o bem-estar social. No contexto da Educação, tenho trabalhado no design de mecanismos que otimizam a distribuição de recursos entre escolas (por exemplo, bolsas) e que, simultaneamente, as emparelham com alunos tendo em conta as suas preferências. Na área da Sustentabilidade, trabalho com a Hydro-Québec, que produz, transporta e distribui eletricidade no Québec, no planeamento da localização de estações de carregamento de veículos elétricos, com o objetivo de promover a sua adoção. Muitos dos problemas que investigo consideram e têm impacto direto na sociedade. Por conseguinte, tenho-me debruçado sobre a ligação humano-algoritmo com o objetivo de



MARGARIDA CARVALHO

Université de Montréal
carvalho@iro.umontreal.ca

compreender o impacto dos algoritmos de IO na sociedade e o seu melhoramento através de Teorias de Justiça (princípio de equidade de Aristóteles, princípio da justiça de Rawls, etc.). Neste curto período tive a possibilidade de mentorar e apoiar, através da minha *FRQ-IVADO Research Chair*, cerca de três dezenas de alunos e investigadores, que receberam uma formação em IO, especializada em Teoria dos Jogos e Otimização Combinatória, e que foram sensibilizados para o impacto social das suas contribuições científicas. O ambiente acolhedor e colaborativo de Montréal permite-me crescer como investigadora e contribuir para uma nova geração de cientistas responsáveis pelos algoritmos de apoio à decisão que desenvolvem!

IO2022 - XXII Congresso da APDIO

De 6 a 8 de novembro de 2022, teve lugar na Universidade de Évora o XXII Congresso da APDIO. Subordinado ao tema "IO em Tempos de Turbulência: Adaptação e Resiliência", o IO2022 registou mais de 120 participantes, com 85 trabalhos submetidos nas mais diversas áreas de atuação.

O Prémio Isabel Themido 2022, destinado a galardoar os melhores artigos publicados por sócios da APDIO foi atribuído ex-aequo a: Inês Soares, Maria João Alves, Carlos Henggeler Antunes, "A deterministic bounding procedure for the global optimization of a bi-level mixed-integer problem". *European Journal of Operational Research* 291 (2021) 52–66; e Ana Vieira, Mónica Oliveira, Carlos Bana e Costa. "Enhancing knowledge construction processes within multicriteria decision analysis: The Collaborative Value Modelling framework". *Omega* 94 (2020) 102047.

Prémio I 26th International Conference on Multiple Criteria Decision Making

Ana Sara Costa, Investigadora em início de carreira que terminou o doutoramento em Engenharia e Gestão no Instituto Superior Técnico em 2020 (orientada pelo Professor José Figueira do CEGIST e pelo Professor José Borbinha do INESC-ID) recebeu o prémio de Tese de Doutoramento na 26th International Conference on Multiple Criteria Decision Making (Universidade de Portsmouth, Reino Unido, 26 de junho a 01 de julho de 2022).

Tomada de Posse dos Novos Órgãos Sociais da APDIO

A 19 de dezembro de 2022 tomou posse a nova Direção da APDIO: Carlos Henggeler Antunes, Filipe Alvelos, Samuel Moniz, Pedro Amorim, Tânia Ramos; Mesa da Assembleia Geral: Luís Dias, Rui Borges Lopes, Paula Sarabando; Conselho Fiscal: José Fernando Oliveira, Carina Pimentel, Maria Teresa Bianchi de Aguiar.

IX Feira da Matemática



A IX Feira da Matemática ocorreu no Museu Nacional de História Natural e da Ciência, em Lisboa, nos dias 21 e 22 de Outubro. Foram dois dias recheados de atividades científicas, culturais e educacionais, com jogos, demonstrações, palestras, e outras atividades.

A APDIO participou na feira e contou com a participação do Centro de Estudos de Gestão do Instituto Superior Técnico. O investigador Daniel Santos e os alunos de doutoramento Alexandre Ricardo e João Almeida apresentaram a atividade "Cortar ou não cortar (ou como cortar), eis a questão.", onde ensinaram como resolver um problema de cutting-stock. Por outras palavras, como cortar peças de material de tamanho padrão, como tábuas de madeira, rolos de papel ou chapas de metal, em peças de tamanhos específicos, minimizando o desperdício total de material.

Prémio APDIO | FCT para o melhor aluno de IO da FCT NOVA

Pelo 13º ano consecutivo, foi atribuído o Prémio APDIO - FCT NOVA ao melhor aluno de IO da NOVA School of Science and Technology | FCT NOVA. Este Prémio foi constituído com parte dos lucros do IO2009 - 14º congresso nacional da APDIO, que decorreu na FCT NOVA. O Prémio relativo ao ano letivo de 2021/22 foi atribuído a João Carrilho do Mestrado em Matemática Aplicada. O Diploma e cheque correspondentes ao Prémio foram entregues por ocasião do 45º Aniversário da NOVA School of Science and Technology | FCT NOVA.

Prosseguir a trajetória de afirmação da comunidade de IO

A nova Comissão Diretiva da APDIO pretende contribuir para o prosseguimento da trajetória de vitalidade e afirmação da comunidade portuguesa de IO, nas suas múltiplas vertentes de investigação científica, formação avançada de recursos humanos, e ligação ao tecido económico, congregando os sócios em torno de iniciativas mobilizadoras com projeção na sociedade.

Os congressos realizados em 2021 e 2022, ainda marcados pela situação de pandemia, reafirmaram o dinamismo da nossa comunidade. É necessário reforçar as atividades habituais e equacionar novas iniciativas, dando valor à qualidade de sócio da APDIO e promovendo a interação com outros atores, incluindo entidades públicas e privadas onde os instrumentos da IO possam ter um papel relevante para apoiar o uso mais eficiente dos recursos e a tomada de melhores decisões.

O nosso plano de ação está ancorado nas seguintes linhas de atuação: preparação do próximo congresso, a ter lugar em 2024, procurando a diversidade geográfica dos locais de realização e estimular grupos locais com atividade em investigação e ensino na área de IO; realização de cursos curtos / seminários dedicados a temas emergentes; incrementar as relações de colaboração com outras sociedades de IO e de áreas relacionadas; promover a troca de experiências nas práticas de ensino e de aprendizagem de IO.

Carlos Henggeler Antunes
Presidente da Comissão Diretiva da APDIO



Associação Portuguesa de Investigação Operacional
Departamento de Engenharia e Gestão
Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais, 1
1049-001 Lisboa, Portugal
apdio@euro-online.org



<http://apdio.pt/home>
<https://www.facebook.com/APDIO.PT/>
<https://www.linkedin.com/in/apdio-pt-545718177/>

BOLETIM
APDIO

Equipa Editorial

Elsa Silva
elsa.m.silva@inesctec.pt
Maria João Santos
mjsantos@inesctec.pt
Sara Martins Correia
ssbm@estg.ipp.pt

Design
Inês Assis
inesassis.design@gmail.com
Impressão
Gráfica Pacense, Lda.
Tiragem
200 exemplares