

BOLETIM APDIO

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL | 69 | DEZEMBRO '23

ARTIGO DE OPINIÃO

RESOLVER O PROBLEMA DA QUADRATURA DO CÍRCULO

UM MODELO DE AVALIAÇÃO
DISTRIBUÍDA, INDIVIDUAL
E FORMATIVA PARA GRANDES
GRUPOS DE ESTUDANTES

TÉCNICAS DE IO

ENSINO DE TÉCNICAS DE IO E DE IA NOVOS DESAFIOS

ENTREVISTA

CARLOS HENGGELER

IO EM AÇÃO

THE ROAR PROJECT HOW TO IMPROVE GRADE 10-12 INTEREST AND MOTIVATION IN MATHEMATICS THROUGH A LEARNING PATH BASED ON OPERATIONS RESEARCH



ÍNDICE

03 ENTREVISTA
CARLOS HENGGELER

04 ARTIGO DE OPINIÃO
RESOLVER O PROBLEMA
DA QUADRATURA DO CÍRCULO:
UM MODELO DE AVALIAÇÃO
DISTRIBUÍDA, INDIVIDUAL
E FORMATIVA PARA GRANDES
GRUPOS DE ESTUDANTES
Maria Antónia Carravilla

09 TÉCNICAS DE IO
ENSINO DE TÉCNICAS DE IO E DE
IA: NOVOS DESAFIOS
Davide Carneiro

13 IO EM AÇÃO
THE ROAR PROJECT: HOW TO
IMPROVE GRADE 10-12 INTEREST
AND MOTIVATION IN MATHEMATICS
THROUGH A LEARNING PATH BASED
ON OPERATIONS RESEARCH
Alice Raffaele

16 LUGAR AOS NOVOS
FRAMEWORK PARA A PREVENÇÃO DA
PERDA E DO DESPERDÍCIO ALIMENTAR
AO LONGO DA CADEIA DE
ABASTECIMENTO DE PRODUTOS
FRESCOS
Vanessa Sofia Melo Magalhães

19 PT EM IO PELO MUNDO
DE PORTUGAL
PARA OS ESTADOS UNIDOS
Filipe Brandão

20 NOTÍCIAS DA APDIO



ELSA SILVA

Universidade do Minho
Centro ALGORITMI



MARIA JOÃO SANTOS

INESC TEC
Universidade do Minho



SARA MARTINS CORREIA

Escola Superior
de Tecnologia e Gestão
Politécnico do Porto
INESC TEC

EDITORIAL

A Educação é o tema central da edição 69 deste boletim. Serão apresentadas rubricas relativas à Educação da Investigação Operacional (IO), que mostram exemplos de sucesso no ensino e aprendizagem da disciplina, e rubricas que demonstram como utilizar ferramentas de Investigação Operacional para educar, ou reeducar, práticas na sociedade.

Em entrevista, o Presidente da APDIO, Carlos Henggeler, discute o ensino da IO no ensino superior, refletindo sobre as motivações, evolução e desafios que o ensino nesta área apresenta.

No artigo de opinião, Maria Antónia Carravilla presenteia-nos com uma explicação detalhada sobre como implementar uma avaliação distribuída regular de forma sustentável, exemplificando a prática no contexto da disciplina de Investigação Operacional na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Davide Carneiro discute os desafios no ensino de Investigação Operacional e Inteligência Artificial na rubrica Técnicas de IO. De entre os métodos que promovem a motivação dos alunos para a aprendizagem, salienta a gamificação, apresentando-nos um caso de sucesso na Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico do Porto.

O projeto *Ricerca Operativa Applicazioni Reali* (ROAR; in English, *Real Applications of Operations Research*) é apresentado na rubrica IO em Ação por Alice Raffaele. A autora demonstra como o projeto ROAR, repartido em três unidades, pode ser aplicado ao ensino da Investigação Operacional a alunos do

Ensino Secundário, apresentando-nos um caso real em Itália.

Uma framework para a redução da perda e do desperdício alimentar é proposta por Vanessa Magalhães na rubrica Lugar aos Novos. Esta framework tem por base a aplicação de métodos multicritério e pode ser aplicada em diversas cadeias de abastecimento alimentar, de que são exemplos os casos expostos em Portugal e no Brasil. Na última rubrica, Filipe Brandão descreve-nos o seu percurso académico e profissional, com origem em Portugal e destino Estados Unidos. Fala-nos sobre como o seu algoritmo – o VPSolver, desenvolvido durante o mestrado e disponibilizado em open-source, o catapultou para voos além-fronteiras, e quais as diferenças que evidencia nas formas de trabalho entre empresas europeias e norte americanas.

Como habitual, o boletim termina com as notícias mais atuais sobre a comunidade APDIO, contemplando prémios recebidos, eventos realizados e futuros, defesas de doutoramento, projetos aprovados e outras informações de interesse geral.

A atual equipa do corpo editorial despede-se com gratidão a todos os autores que contribuíram para as rubricas das últimas quatro edições do boletim, e a todos os leitores que nos acompanharam ao longo da nossa jornada. Um especial agradecimento à direção da APDIO pela demonstração de confiança e apoio incansável para a concretização dos boletins. Por fim, desejos de muito sucesso para o trabalho da próxima equipa.

ENTREVISTA

Quais as principais motivações para o ensino da Investigação Operacional no ensino superior?

O ensino da Investigação Operacional (IO) em múltiplas ofertas formativas, em particular nas áreas de gestão, de engenharia e de matemática, assenta sobretudo no reconhecimento que as abordagens de IO a problemas reais com algum grau de complexidade, muitas vezes mal definidos, oferecem a capacidade de estruturar os problemas, construir modelos matemáticos abstraindo as suas principais características, e aplicar algoritmos que forneçam a solução ótima, ou soluções de boa qualidade, para os modelos instanciados com dados o mais fidedignos possível, de tal modo que os resultados possam ser usados como referência para desenhar planos de ação que conduzam a melhores decisões para o desempenho dos sistemas. Não sendo uma disciplina científica associada especificamente a qualquer dessas áreas, a IO dota os futuros profissionais de um conjunto de utensílios de análise dos problemas e de geração de soluções que permite processos mais informados para o apoio à tomada de decisões, quer de natureza mais estratégica, quer de carácter mais operacional, obrigando a uma visão crítica da qualidade dos resultados. As competências para obter as melhores soluções em contextos de escassez de recursos são essenciais na prática profissional em todas as áreas.

As abordagens, modelos e métodos de IO têm aplicação quotidiana numa vasta gama de setores de atividade, incluindo o planeamento da produção e a logística, as infraestruturas em rede (energia, telecomunicações, viária, água e saneamento, sensores). É necessário que os estudantes sejam expostos à importância dos modelos e métodos de IO para a obtenção de soluções em problemas relevantes para o funcionamento de um conjunto de sistemas críticos para a atividade económica e o tecido social (por exemplo em mercados de eletricidade: <https://www.youtube.com/watch?v=gZ5Dlu9vznz4&t=4553s>). O ensino da IO comporta ainda o valor essencial de reconhecer a multidisciplinariedade dos problemas, convocando a necessidade de conjugar conhecimentos de natureza física e organizacional, aprendidos noutras disciplinas

dos cursos de ensino superior, com conhecimentos sobre os modelos e algoritmos.

Como avalia a evolução do ensino da Investigação Operacional em Portugal nos últimos anos?

Embora não tendo uma visão devidamente atualizada, até face ao dinamismo das reformulações dos planos de estudo, o que vou conhecendo da oferta formativa associada à IO em múltiplos cursos do ensino superior em Portugal, quer de institutos politécnicos, quer de universidades, permite afirmar que há um reconhecimento generalizado que as matérias abordadas em disciplinas de IO constituem uma parte essencial da boa formação de profissionais (gestores, engenheiros de diversas especialidades, matemáticos, e profissões emergentes ligadas à ciência e engenharia dos dados). Os programas de estudo nestes domínios comportam disciplinas de IO, embora, por vezes, apenas como opcionais, onde, geralmente, a programação linear e a otimização em redes funcionam como porta de entrada, embora existindo uma saudável variedade de composição dos programas. Temos, felizmente, muitos bons exemplos de escolas e de grupos de docentes que têm produzido um excelente trabalho de reflexão sobre o ensino da IO, utilizando abordagens muito criativas de envolvimento dos estudantes, por exemplo usando técnicas de “gamificação” sobretudo no 1º e 2º ciclos de estudos. Os processos de ensino mais ativos e baseados em casos, sem descurar os fundamentos teóricos e metodológicos essenciais, deverão tornar-se mais comuns.

Quais são as tendências emergentes na educação em Investigação Operacional, tendo em conta o papel crescente da inteligência artificial?

O ensino da IO não pode ser imune aos novos desafios, que são simultaneamente oportunidades, gerados pelo desenvolvimento da inteligência artificial (IA) e da análise de grandes volumes de dados, cujo domínio é cada vez mais requerido pelos empregadores. Neste contexto, a interação entre as técnicas de aprendizagem computacional (“machine learning”) e os métodos de otimização e de apoio à decisão tem o potencial para cons-



CARLOS HENGGELER

apdio.president@euro-online.org
 Presidente da APDIO
 INESC Coimbra, Deptº de Engª Electrotécnica
 e de Computadores, Universidade de Coimbra



truir metodologias e utensílios computacionais permitindo processos de decisão mais eficientes e mais efetivos. Os próprios mecanismos do ensino da IO deverão integrar este potencial, libertando os alunos para as tarefas mais criativas. Contudo, deve evitar-se uma excessiva inclinação para o ensino em estilo “caixa preta”, sem que o estudante perceba os fundamentos teóricos dos algoritmos (por exemplo, obviamente ninguém resolverá um problema de programação inteira “à mão” mas sim recorrendo a um “solver”, mas é necessário perceber as etapas essenciais de um algoritmo do tipo “branch and bound”). Sem querer estar aqui a sobrelevar os “perigos” em detrimento das amplas oportunidades, considero algo preocupante que, por vezes, sobretudo nas áreas de informática / ciência dos computadores, exista uma certa reinvenção da roda de algoritmos há muito conhecidos do arsenal da IO para resolver problemas num estilo de experimentação, sem cuidar da devida formalização do problema com um modelo matemático coerente e da aplicação, se possível face à estrutura do problema e ao tempo computacional disponível, de um algoritmo que garanta a solução ótima.

Na visão de Bertsimas, há uma codependência e interligação natural entre a aprendizagem computacional e a otimização ao definir “analytics” como a “ciência de usar dados e construir modelos para melhores decisões” (<https://www.youtube.com/watch?v=cifspW4gLWA&t=1513s>). A influência da IA far-se-á sentir na capacidade de análise de grandes volumes de dados históricos para: gerar abordagens (preditivas e prescritivas) mais sofisticadas; dotar os algoritmos de otimização de características evolutivas captando a dinâmica dos processos ou cenários, incluindo para aplicações em tempo (quase) real; ajudar a tornar as decisões mais interpretáveis e explicáveis; combinar conhecimento de múltiplas áreas científicas e domínios de aplicação. Assim, é necessário que os planos de estudos das disciplinas de IO sejam capazes de se adaptar a estas tendências.

Como tem sido o papel da APDIO na promoção do ensino da Investigação Operacional?

A APDIO tem participado em várias iniciativas para evidenciar a importância da IO para a resolução de problemas concretos. Ainda recentemente estivemos presentes na X Feira

de Matemática, realizada em Novembro de 2023, com as atividades “cortar ou não cortar, eis a questão” e “problema do caixeiro viajante”, e daremos apoio a todas as iniciativas que os sócios pretendam promover para a divulgação da IO.

O nosso congresso tem acolhido comunicações que se debruçam sobre experiências muito enriquecedoras do ensino da IO.

Num futuro próximo tencionamos realizar um workshop temático sobre o ensino da IO para troca de experiências e discussão de boas práticas, desejavelmente envolvendo também potenciais empregadores.

“O ENSINO DA IO NÃO PODE SER IMUNE AOS NOVOS DESAFIOS, QUE SÃO SIMULTANEAMENTE OPORTUNIDADES, GERADOS PELO DESENVOLVIMENTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)”

RESOLVER O PROBLEMA DA QUADRATURA DO CÍRCULO

UM MODELO DE AVALIAÇÃO DISTRIBUÍDA, INDIVIDUAL E FORMATIVA PARA GRANDES GRUPOS DE ESTUDANTES

RESUMO

Todos aspiramos a ter estudantes envolvidos e ativos, que não só acompanhem a matéria apresentada, mas também nos desafiem com observações estimulantes durante as aulas. Uma abordagem eficaz para garantir essa participação ativa e o acompanhamento regular das matérias é a implementação de uma avaliação distribuída regular. No entanto, surge a questão: como realizar uma avaliação distribuída regular de forma sustentável, especialmente quando lidamos com um grande número de estudantes? Apresentamos, a seguir, uma solução prática e eficiente para essa “quadratura do círculo”, ilustrada pelo exemplo da Unidade Curricular (UC) de Investigação Operacional (IO), ministrada simultaneamente em vários cursos da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

Ao implementar esse modelo de ensino-aprendizagem, observamos resultados notavelmente positivos no desempenho dos estudantes e na sua compreensão dos conteúdos. O feedback que recebemos dos estudantes é também consistentemente positivo, com destaque para a apreciação pelo formato das aulas e da avaliação.

Convidamos todos a explorar o site da UC em <https://sites.google.com/g.uporto.pt/io-or>, onde são disponibilizados todos os materiais de apoio às aulas e ao estudo, assim como o planeamento e sumários das aulas.

INTRODUÇÃO

O modelo de ensino-aprendizagem apresentado baseia-se na integração de aulas teóricas e práticas num bloco único e na avaliação distribuída ao longo do semestre, com micro-testes no fim de cada bloco de aulas. Esses micro-testes avaliam os conhecimentos adquiridos na aula em linha com os objetivos de aprendizagem, e o feedback na aula seguinte fornece uma orientação muito próxima aos estudantes ao longo do semestre. Ao longo dos anos, este modelo de ensino tem sido aplicado em várias unidades curriculares de Investigação Operacional que de-

correm em simultâneo ao longo do semestre. As unidades curriculares são planeadas em conjunto e o modelo foi evoluindo na direção de um aumento do peso da avaliação distribuída e da aproximação do momento da avaliação do momento da aprendizagem. Consideramos que estes são dois fatores críticos de sucesso para a qualidade da aprendizagem dos estudantes.

No primeiro semestre do ano letivo de 2023/2024 seguem este modelo as UC de Investigação Operacional de vários ciclos de estudo da FEUP, totalizando cerca de 550 estudantes, 63 horas semanais de serviço docente e 14 docentes. A gestão deste “grande barco” é desafiadora, mas tem um impacto significativo num grande número de estudantes para os quais este formato de ensino se revela novo, surpreendente e inspirador. Um outro efeito positivo e não planeado deste modelo é a mentoria, num ambiente controlado, dos jovens docentes que fazem parte das equipas que lecionam estas UC.

PREPARAÇÃO DA UC

O planeamento das aulas é feito tendo por base o calendário escolar depois de conhecidos os horários das turmas das diversas UC. Esse planeamento é consolidado numa reunião com todos os docentes. Nessa reunião discute-se o que é necessário melhorar nesse ano letivo com base nas experiências do ano letivo anterior. Nessa reunião é também distribuído o trabalho de preparação das avaliações e da correção dos exames. O funcionamento da Unidade Curricular de Investigação Operacional é amplamente suportado pelo site: <https://sites.google.com/g.uporto.pt/io-or>, que desempenha um papel central, tanto para os docentes quanto para os estudantes.

Os estudantes têm acesso, desde o início do semestre, a informações detalhadas, aula a aula, sobre as atividades programadas na UC, assim como a todos os materiais pedagógicos de apoio à aprendizagem na UC, incluindo slides, exercícios com resoluções e exames de anos anteriores, também com



MARIA ANTÓNIA CARRAVILLA

Faculdade de Engenharia
da Universidade do Porto, INESC TEC
mac@fe.up.pt

resoluções. Esta disponibilização prévia permite o estudo individual e a preparação antecipada para cada aula e avaliação. É também através deste site que os estudantes têm informação sobre os resultados dos micro-testes e outras avaliações realizadas.

ORGANIZAÇÃO DAS AULAS

As aulas da UC são estruturadas num bloco único. Cada sessão segue uma abordagem que se inicia com a exposição dos conceitos pelo docente, proporcionando uma base teórica sólida aos estudantes. Em seguida, os estudantes participam na resolução de exercícios, trabalhando em grupos durante esta fase da aula.

A dinâmica de aprendizagem colaborativa, incentivada durante a resolução dos exercícios em grupo, promove a entreaajuda, a partilha de conhecimentos entre os estudantes e uma progressão mais eficaz na aprendizagem. O docente pode assim esclarecer dúvidas em cada grupo, e não a cada estu-

dante, e tem assim oportunidade de discutir individualmente com cada estudante os resultados obtidos no micro-teste da aula anterior, clarificando dúvidas e salientando os pontos reforço de estudo.

A aula termina com a realização de um micro-teste centrado nos tópicos abordados durante a própria sessão, consolidando a aprendizagem e proporcionando uma avaliação imediata do desempenho dos estudantes.

AVALIAÇÃO

A avaliação na UC de IO tem três componentes: micro-testes realizados no fim de cada aula, um teste intermédio e um exame final. Os três tipos de avaliações são realizados sem consulta e correspondem respetivamente a 50%, 20% e 30% da avaliação final. Na época de recurso os estudantes podem realizar uma prova relativa a cada uma das componentes.

O propósito desses três tipos de avaliação é abordar níveis cognitivos distintos da taxonomia de Bloom, definida em 2001. Os micro-testes, realizados no final de cada aula, visam avaliar a capacidade de aplicação dos conhecimentos adquiridos durante a aula,

incidindo no nível de *aplicação*. Já o teste intermédio, que se concentra na análise, interpretação e modificação de um modelo de programação inteira mista, abordando aspetos conceptuais, visa o nível intermédio de *análise*. O exame atinge os patamares superiores de *análise* e *avaliação*, conforme definidos na taxonomia de Bloom.

Este modelo de avaliação tem sido refinado com base no feedback e nas sugestões dos estudantes, bem como em discussões entre os docentes envolvidos. Ao longo dos anos, e em resposta às recomendações de muitos estudantes, o momento de apresentação e discussão de um tópico e o momento de avaliação foram ficando temporalmente mais próximos. Atualmente, com a avaliação na própria aula em que a aprendizagem decorre, essa proximidade resulta diretamente em estudantes muito atentos, aulas muito participadas e uma maior e melhor aprendizagem, para além de um trabalho continuado ao longo do semestre.

MICRO-TESTES

Os micro-testes são realizados nos últimos 15 minutos de cada aula e são construídos de forma a endereçarem os objetivos de

aprendizagem do tópico discutido na aula, a recorrerem à capacidade de aplicação dos estudantes e ainda de forma a poderem ser corrigidos muito facilmente e em pouco tempo. Normalmente as classificações são divulgadas até uma hora depois do fim da avaliação, e os resultados são discutidos individualmente com os estudantes na aula seguinte. Um ponto interessante nesta avaliação é a proposta de uma oportunidade de avaliação por cada uma das n semanas efetivas de aulas, das quais são escolhidas as n-2 melhores. Pretende-se com essa “folga” permitir que os estudantes possam falhar e ainda assim terem oportunidade de ter a classificação máxima. Estes exercícios são desenhados por forma a acompanhar e dar feedback aos estudantes ao longo do semestre sobre o nível de atingimento dos objetivos de aprendizagem correspondentes aos níveis mais baixos do domínio cognitivo da taxonomia de Bloom: memorização, compreensão e aplicação. Esta componente tem um peso de 50% e é realizada sem consulta.

Há habitualmente algumas ressalvas colocadas pelas pessoas que têm um primeiro conhecimento dos micro-testes:

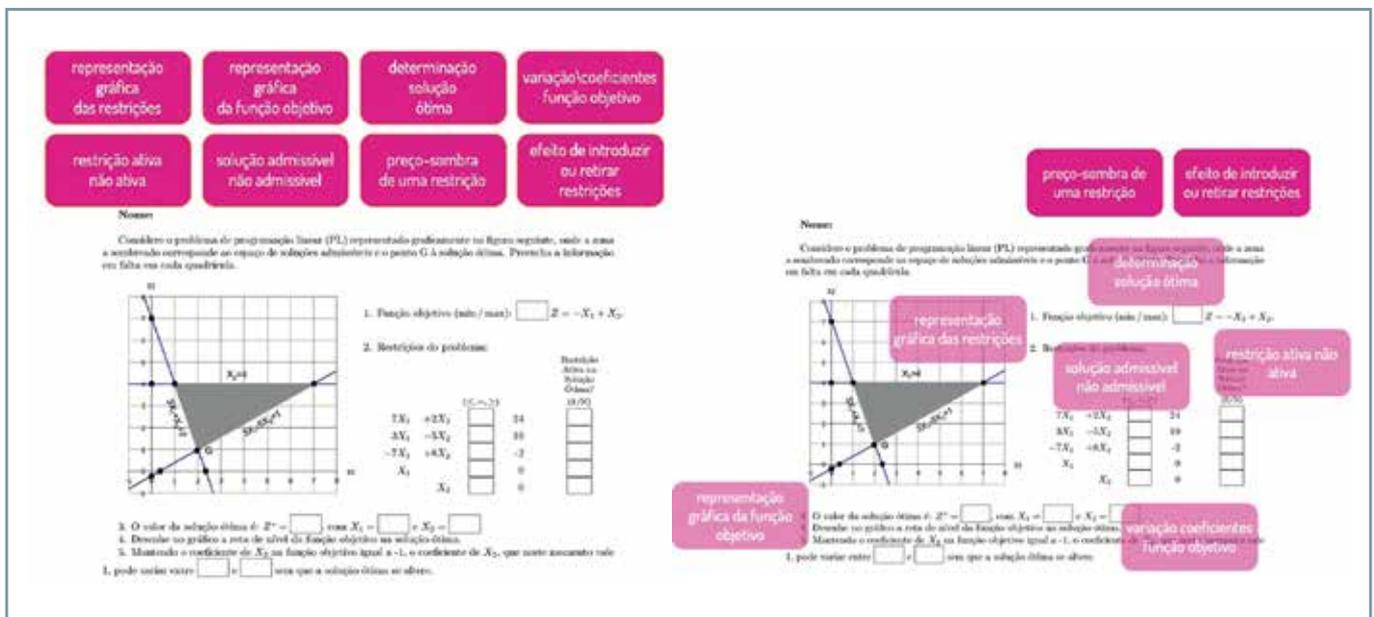


Fig. 1 - Ligação entre micro-teste e objetivos de aprendizagem

Surgem preocupações sobre a partilha de micro-testes entre estudantes de turmas ou anos diferentes quando se sabe que utilizamos os mesmos micro-testes todos os anos. No entanto, acreditamos que o risco associado a essa prática é bastante reduzido por várias razões. Em primeiro lugar, os micro-testes são realizados sem consulta, o que limita a utilidade da partilha direta de respostas. Além disso, o conteúdo dos micro-testes não é uma surpresa para os estudantes, pois está alinhado com os objetivos de aprendizagem específicos da aula. Para reforçar ainda mais a segurança e a equidade do processo de avaliação, cada micro-teste possui entre seis e doze versões diferentes.

Uma preocupação adicional refere-se ao fato de que uma avaliação realizada na própria aula pode parecer direcionada apenas a um tipo de aprendizagem. No entanto, o nosso modelo acolhe uma diversidade de estudantes: aqueles que preferem ou necessitam de preparação antecipada encontram documentação de apoio no site desde o início do semestre, podendo seguir um autêntico modelo de “flipped classroom”; os que valorizam o acompanhamento no estudo têm a oportunidade de participar em aulas

ativas e colaborativas, organizadas em grupos de trabalho. Acolhemos também os que optam por se focar no exame final, pois não exigimos uma nota mínima em nenhuma componente de avaliação e permitimos a melhoria de classificação de qualquer uma das avaliações durante a época de recurso. A figura 1 ilustra a ligação direta entre o micro-teste e os objetivos de aprendizagem. Na figura está representado o enunciado do micro-teste correspondente à aula de programação linear. Os oito objetivos de aprendizagem dessa aula estão representados a rosa no topo da imagem da esquerda. Na imagem da direita pode-se ver os seis objetivos de aprendizagem que são avaliados no micro-teste.

TESTE INTERMÉDIO

O teste intermédio, realizado aproximadamente a meio do semestre, concentra-se na interpretação de modelos de programação linear e inteira. Uma semana antes da sua realização, disponibilizamos no site um problema e o seu modelo matemático. No teste, os estudantes recebem o problema e o modelo matemático que já conhecem, e também dez perguntas de resposta múltipla. Estas perguntas focam-se na

análise, interpretação e modificação do modelo, abordando aspetos conceptuais. Esta componente representa 20% da avaliação total e não é permitida consulta. Na figura 2, é apresentado um exemplo de uma das dez questões de um teste intermédio. O problema proposto está relacionado com a alocação de reservas a clientes numa empresa de aluguer de automóveis.

Para a preparação, os estudantes têm acesso a material de estudo, incluindo testes de anos anteriores no site da UC. Recentemente, foram também disponibilizadas na plataforma Moodle resoluções comentadas de testes dos anos anteriores, constituindo um material de estudo ainda mais completo.

EXAME

A avaliação é complementada por um exame final. O exame tem como objetivo verificar se os objetivos associados aos níveis superiores da taxonomia de Bloom foram alcançados. O exame inclui questões extensas, de resposta totalmente aberta, e problemas semiestruturados. Estes são geralmente percebidos pelos estudantes como mais desafiantes do que os exercícios das aulas. Esta componente representa 30% da avaliação total e também não é permitida consulta.

Os estudantes têm como material de estudo, para além dos exercícios propostos para as aulas, outros exercícios do caderno de exercícios e testes dos anos anteriores também disponíveis no site da UC.

AVALIAÇÃO DA UC PELOS ESTUDANTES I INQUÉRITOS PEDAGÓGICOS

Apresentamos a seguir as avaliações da UC de IO do Mestrado Integrado de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da FEUP.

A tabela seguinte apresenta os resultados quantitativos relativos a dez anos letivos, desde 2012/2013 a 2021/2022. O número de estudantes inscritos na UC variou de ano para ano, atingindo o pico em 2021/2022, com 337 inscritos com a desintegração dos mestrados integrados da FEUP. Nesse ano de transição frequentaram a UC estudantes de dois anos letivos. A percentagem de respostas aos inquéritos também variou entre 30 e 52% dos inscritos.

De forma a diminuir o número de clientes que tenta fazer uma reserva mas que não consegue um veículo (do grupo requisitado ou um *upgrade*), a empresa está a ponderar introduzir a prática de oferecer um *downgrade*. Isto é, se não conseguir alocar uma reserva a um veículo do grupo requisitado ou de um grupo de valor superior, a empresa aloca a reserva a um veículo de um grupo de valor inferior, oferecendo um desconto ao cliente de $P\%$ do lucro que obteria com a reserva. O parâmetro $D_{g1,g2} \in \{0,1\}$ toma o valor 1 se for possível oferecer um *downgrade* do grupo $g1$ para o grupo $g2$ (note-se que não é possível oferecer um *downgrade* para o mesmo grupo; isto é, $D_{g1,g1} = 0$). Para introduzir esta situação no modelo, será necessário acrescentar à função objetivo a expressão

$$-\sum_{v \in \mathcal{V}} \sum_{i=0}^R \sum_{r=1}^R P \cdot L_r \cdot D_{GR_r, GV_v} \cdot x_{ir}^v.$$

(a) E alterar as restrições 8 para $x_{ir}^v \leq W_{rv} + U_{GR_r, GV_v} + D_{GR_r, GV_v} \cdot x_{ir}^v, \forall v \in \mathcal{V}, i \in \{0\} \cup \mathcal{R}, r \in \mathcal{R}$ e acrescentar as restrições $D_{GR_r, GV_v} \leq \sum_{i=0}^R (W_{rv} + U_{GR_r, GV_v}) x_{ir}^v, \forall v \in \mathcal{V}, r \in \mathcal{R}$

(b) E alterar as restrições 8 para $x_{ir}^v \leq W_{rv} + U_{GR_r, GV_v} + D_{GR_r, GV_v} \cdot x_{ir}^v, \forall v \in \mathcal{V}, i \in \{0\} \cup \mathcal{R}, r \in \mathcal{R}$

(c) E acrescentar as restrições $D_{GR_r, GV_v} \leq \sum_{i=0}^R (W_{rv} + U_{GR_r, GV_v}) x_{ir}^v, \forall v \in \mathcal{V}, r \in \mathcal{R}$

(d) E não será necessário alterar nenhuma restrição.

Fig. 2 - Exemplo de uma questão do teste intermédio.

	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022
Nº de estudantes inscritos na UC	171	177	184	180	172	124	119	148	141	337
Percentagem de respostas	43%	38%	33%	37%	52%	17%	30%	30%	31%	30%
Apreciação e clareza	79%	81%	83%	87%	88%	87%	85%	84%	89%	81%
Avaliação	84%	87%	87%	91%	91%	90%	89%	91%	91%	85%
Dificuldade	66%	67%	66%	70%	64%	63%	62%	61%	61%	60%
Efeitos da Unidade Curricular	77%	79%	81%	83%	79%	81%	77%	77%	82%	77%

Tabela 1 - Resultados quantitativos dos inquéritos pedagógicos

Os resultados dos inquéritos abrangem quatro critérios de avaliação: Apreciação e Clareza, Avaliação, Dificuldade e Efeitos da Unidade Curricular.

A UC de Investigação Operacional recebeu avaliações positivas ao longo dos anos, com percentagens geralmente acima de 80% nos critérios de Apreciação e Clareza, Avaliação e Efeitos da Unidade Curricular. A maioria dos estudantes percecionou o nível de dificuldade como adequado, dado que o ótimo desta escala é o meio e não o extremo direito.

Os inquéritos pedagógicos da FEUP têm também um campo para texto livre, de preenchimento facultativo. Os principais pontos destacados nesses comentários em relação à UC são os seguintes:

Os estudantes elogiam o método de avaliação que consideram justo e adequado ao modelo de ensino. Destacam especialmente a eficácia da avaliação contínua, com micro-testes no final de cada aula prática, por proporcionar uma aprendizagem constante. Alguns estudantes sugerem mesmo que este modelo de avaliação deveria ser adotado por outras UC. A UC é amplamente elogiada pela sua organização e estrutura.

Os estudantes destacam a distribuição adequada da carga de trabalho e a clareza nos prazos e requisitos, e alguns consideram a UC como uma das mais organizadas do curso.

IMPACTO NA FORMAÇÃO DE DOCENTES

Outro impacto notável deste método de ensino é na formação de jovens docentes que

fazem parte das equipas que lecionam estas UC. Há bastantes horas de serviço docente atribuídas, e é necessário recorrer sistematicamente a estudantes de doutoramento e jovens doutores para lecionarem a “sua” turma. A experiência é controlada, uma vez que as UC são planeadas com muita antecedência, e todos os materiais estão disponíveis para utilização pelos jovens docentes. Neste semestre, 14 docentes estão envolvidos no conjunto das UC, dos quais três são estudantes de doutoramento, três são jovens doutorados, dois são jovens docentes em início de carreira, cinco são docentes experientes, e também temos uma docente de outra universidade que quis experimentar esta forma de ensino.

Ao proporcionar um ambiente de aprendizagem inovador e dinâmico, a UC serve como um modelo exemplar de boas práticas educacionais. As UC e as reuniões dos docentes incentivam a reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem. Os jovens docentes aprendem a importância da avaliação contínua e do feedback individualizado aos alunos e têm as bases para implementarem métodos semelhantes nas suas práticas de ensino. Sendo esta uma equipa docente muito alargada, os jovens docentes podem beneficiar da orientação e mentoria dos professores mais experientes.

CONCLUSÃO

Em síntese, a implementação da avaliação distribuída semanal na UC de IO da FEUP revelou-se uma abordagem eficaz para garantir a participação ativa dos estudantes

e um acompanhamento regular das matérias. Este método, consolidado ao longo dos anos e aplicado em simultâneo a várias UC, tem impactos positivos tanto no desempenho dos estudantes quanto na formação de jovens docentes.

A abordagem pedagógica adotada, centrada na integração de aulas teóricas e práticas, aliada à avaliação distribuída ao longo do semestre, proporciona resultados notavelmente positivos. Os estudantes elogiam a eficácia da avaliação contínua, com micro-testes no final de cada aula prática, destacando-a como uma metodologia que promove uma aprendizagem constante. Alguns sugerem até a adoção desse modelo por outras UC.

A organização e estrutura da UC de IO também são amplamente reconhecidas pelos estudantes, que apreciam a distribuição adequada da carga de trabalho, a clareza nos prazos e requisitos, considerando-a uma das mais organizadas do curso.

Além do impacto positivo nos estudantes, o método de ensino adotado influencia a formação de jovens docentes, que têm a oportunidade de lecionar num ambiente inovador e dinâmico. A experiência controlada, aliada à orientação e mentoria dos professores mais experientes, proporciona aos jovens docentes as bases para implementarem práticas similares nas suas carreiras.

Todos os resultados relatados neste texto são fruto do trabalho de muitos anos de equipas coesas e comprometidas com um objetivo comum: o sucesso académico dos estudantes.

ENSINO DE TÉCNICAS DE IO E DE IA NOVOS DESAFIOS

O ensino de técnicas de IO e de outras áreas relacionadas é por vezes desafiante. Estes desafios são, simultaneamente, gerais e específicos.

Gerais no sentido em que ensinamos e aprendemos atualmente em ambientes que foram nos últimos anos mudados e moldados por uma pandemia e pela introdução nas nossas vidas de uma panóplia de novos dispositivos tecnológicos. Se a pandemia veio alterar as rotinas e formas de trabalhar, os dispositivos tecnológicos vieram por um lado facilitar a comunicação e o acesso à informação, mas também alterar as relações interpessoais e competir ferozmente pela nossa atenção.

Os desafios específicos advêm do carácter por vezes abstrato destas técnicas, da sua complexidade matemática, ou da sua diversidade e multidisciplinaridade. É ainda frequente a relevância ou aplicação das técnicas de IO não ser clara para os estudantes, por estas técnicas estarem tão embebidas numa determinada área que a sua utilização não é, à primeira vista, evidente. Tomem-se como exemplos a utilização de algoritmos de otimização em Reinforcement Learning, ou a utilização de meta-heurísticas para otimização de hiperparâmetros em Machine Learning.

Torna-se assim necessário repensar a forma como os conteúdos são apresentados, garantindo por um lado que os processos e metodologias utilizados são adequados às características e expectativas de um novo tipo de estudantes que necessita de maiores estímulos e de ritmos diferentes e, por outro, que se mantém o rigor científico e académico necessário a este nível de ensino.

A IMPORTÂNCIA DA MOTIVAÇÃO

A motivação do estudante para aprender é um dos principais determinantes do sucesso escolar, levando-o a aplicar de forma consistente o esforço necessário para atingir os objetivos. Podendo revelar-se de diferentes formas, é frequente diferenciar-se entre a motivação intrínseca (IMOT), em que o estudante é motivado pelo desejo de atingir um objetivo visto por si como importante, e a extrínseca (EMOT), em que a fonte de motivação é essencialmente externa [1].

Um estudante que é intrinsecamente motivado envolve-se no processo de aprendizagem pelo

prazer que daí retira, por um sentimento de realização. Diferentes traços de personalidade ou fatores podem potenciar a motivação intrínseca, incluindo a curiosidade, extroversão, ou a vontade de ultrapassar novos desafios. Este tipo de motivação pode ser decomposto na motivação para saber (*to know*, IMTK), motivação para conseguir (*to accomplish*, IMTA) e para experienciar (*to experience stimulation*, IMTS).

Um estudante que é extrinsecamente motivado tentará resolver as tarefas mais fáceis, necessitando ainda assim de impulsos externos de forma a sentir-se compelido a agir. Este estudante não se envolve nas tarefas por sua própria vontade, mas por fatores externos tais como a perceção de recompensas (ou para evitar consequências negativas), a competição com outros, ou por razões relacionadas com performance. A motivação extrínseca pode ser dividida em três níveis crescentes: regulação externa (*external regulation*, EMER), introjeção (introjection, EMIN) e identificação (*identification*, EMID).

Embora estes dois tipos de motivação (IMOT e EMOT) expliquem a maioria dos efeitos na aprendizagem, existe ainda um terceiro fator apontado por alguns investigadores: amotivação (AMOT). Este conceito, proposto por [2], está intimamente relacionado com sentimentos de indiferença, desinteresse, auto-desacreditação, prostração ou depressão. Representa uma falta de interesse ou vontade em acompanhar a tarefa. Entre outros fatores, pode resultar de conjuntos de experiências negativas (em termos de resultados ou de feedback), levando o estudante a acreditar que os objetivos não são por si atingíveis.

Dados os desafios gerais e específicos do ensino de técnicas de IO e de IA já abordados, e a importância da motivação para o sucesso escolar, torna-se necessário encontrar novas abordagens e metodologias de ensino-aprendizagem que possam apelar a um novo tipo de estudantes, motivando-os a participar neste processo de forma intrínseca e não apenas porque a isso obriga a frequência do Ensino Superior.

GAMIFICAÇÃO

Uma das abordagens que surge consistentemente na literatura como tendo um efeito po-



DAVIDE CARNEIRO

dcarneiro@estg.ipp.pt
Escola Superior de Tecnologia e Gestão,
Politécnico do Porto

**“A MOTIVAÇÃO DO
ESTUDANTE PARA
APRENDER É UM
DOS PRINCIPAIS
DETERMINANTES DO
SUCESSO ESCOLAR (...)”**

sitivo na motivação dos estudantes envolve o uso de jogos ou elementos de jogo. Conhecida como ludificação ou gamificação (do termo inglês *gamification*), esta abordagem pode incluir elementos muito diversos tais como a adaptação da linguagem e terminologia utilizada, a utilização de jogos reais como forma de aplicação das técnicas lecionadas, ou a utilização de artefactos tais como *leaderboards*, prémios (virtuais ou reais) ou crachás visíveis publicamente.

Um dos desafios destas abordagens prende-se com a necessidade de encontrar um equilíbrio entre a informalidade de um ambiente orientado aos jogos, e a formalidade necessária ao ensino (e.g. a co-existência com momentos de avaliação tradicionais, a necessidade de cumprir os objetivos de aprendizagem, ou a própria relação estudante-professor).

Diversas frameworks e outros recursos têm vindo a ser propostos na literatura, que permitem integrar estas abordagens num ambiente de ensino tradicional de forma estruturada. Tome-se como exemplos a taxonomia para gamificação proposta por Toda et. al [3], a Framework Octalysis (uma Framework para gamificação que identifica os principais motivadores dos participantes), ou ainda abordagens para caracterizar o estudante quanto à sua relação com os jogos, tais como a taxonomia de jogadores de Bartle ou o hexágono dos tipos de jogador de Marczewski.

Elementos particularmente importantes a considerar na implementação destas abordagens incluem 1) conhecer os estudantes (o que



Fig 1 - Alguns dos jogos já utilizados no ensino de técnicas de IO e IA.

pode ser conseguido, em parte, com as ferramentas aqui descritas); 2) encontrar um equilíbrio entre os desafios propostos e o nível de conhecimento dos estudantes (ver o conceito de *Flow* de Mihaly Csikszentmihalyi); e 3) definir apropriadamente o workflow a utilizar, i.e., como monitorizar os momentos de aprendizagem e como refletir os seus resultados nos diferentes elementos de jogo.

UM CASO DE APLICAÇÃO

Ao longo dos últimos anos, uma abordagem gamificada tem vindo a ser utilizada no contexto da Unidade Curricular de Inteligência Artificial, na Escola Superior de Tecnologia e Gestão

do IPP. Todos os anos, os estudantes realizam um trabalho prático que requer a aplicação, direta ou indireta, de diversas técnicas de IO e IA para resolver problemas complexos.

Ao longo dos últimos anos, diversos jogos têm vindo a ser utilizados (Fig. 1), assim como elementos adicionais tais como a utilização de *leaderboards* ou ainda alterações na linguagem e terminologia nos enunciados, entre outros. Exemplos de desafios propostos recentemente incluem desenvolver agentes autónomos para jogar os jogos Super Mario ou Robocode, ou ainda o desenvolvimento de uma abordagem para identificar as características e estrutura de diferentes vírus (representados como um grafo) de forma a desenvolver medicamentos fictícios apropriados.

A introdução destes elementos podem ser disruptivas e ter eventualmente um efeito negativo. Por exemplo, a introdução de jogos implica um esforço acrescido na integração das ferramentas utilizadas e das soluções desenvolvidas com o jogo propriamente dito, que se soma ao esforço já previsto para a aprendizagem das técnicas utilizadas. Nesse sentido, tem vindo a ser seguida uma Framework proposta em [4] que inclui a utilização de recursos e apoios à aprendizagem, desenvolvido especificamente para as tarefas de aprendizagem propostas (Fig. 2). Isto pode incluir exemplos

“UM DOS DESAFIOS DESTAS ABORDAGENS PRENDE-SE COM A NECESSIDADE DE ENCONTRAR UM EQUILÍBRIO ENTRE A INFORMALIDADE DE UM AMBIENTE ORIENTADO AOS JOGOS, E A FORMALIDADE NECESSÁRIA AO ENSINO”

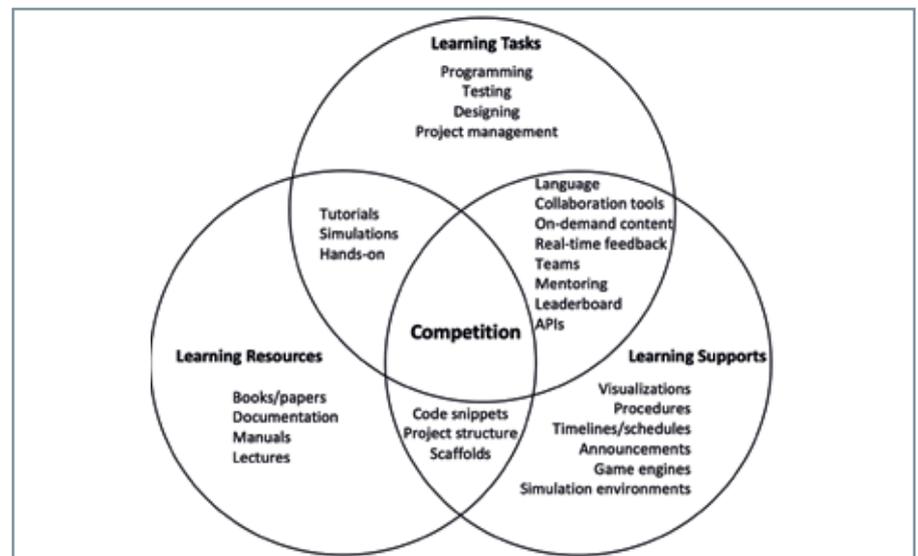


Fig 2 - Framework proposta em [4], utilizada no ensino de técnicas de IO e IA.

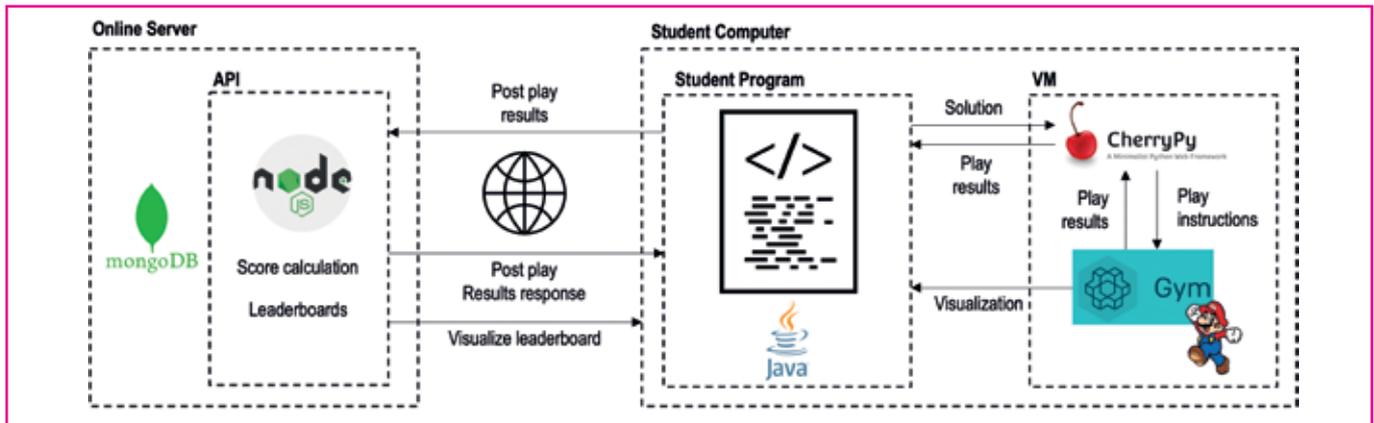


Fig 3 - instanciação da framework para o caso do jogo Super Mario.

de código sobre como integrar as ferramentas com o jogo, APIs que facilitam essa integração, documentação, etc. O objetivo principal na criação e utilização desta framework é que não exista um esforço adicional na aprendizagem derivado do jogo ou abordagens utilizadas, mas que todo o esforço do estudante possa ser dirigido para a aprendizagem dos conteúdos lecionados. Assim, a utilização do jogo e dos restantes elementos deve ter como único efeito aumentar o sentimento de satisfação e diversão dos estudantes, não sendo vivido como uma carga adicional.

Uma das edições da UC em que esta abordagem conheceu um maior envolvimento dos estudantes coincidiu com a utilização do jogo Super Mario. Foram propostas três diferentes competições para níveis específicos do jogo: 1) maximizar o número de moedas; 2) maximizar o número de pontos; ou 3) minimizar o tempo necessário para completar o nível.

Isto permitiu explorar em aula a necessidade de definir diferentes funções de fitness, ou ainda a necessidade de definir funções de fitness complexas, multicritério e/ou dinâmicas. Estas situações, tipicamente apresentadas em aula seguindo um conjunto pré-determinado de slides e com exemplos abstratos, surgem aqui de forma orgânica. Como quando uma equipa tentou maximizar a pontuação obtida pelo agente sem levar em conta a necessidade de terminar o nível em tempo útil, ficando este bloqueado a matar repetidamente um Koopa

Troopa, eventualmente perdendo por se esgotar o tempo.

Neste caso, a Framework proposta foi instanciada sob a forma de uma arquitetura que facilitava toda a interação dos estudantes com o emulador de Super Mario utilizado, sem requerer qualquer conhecimento da parte destes (Fig. 3). Esta arquitetura implicou o encapsulamento do emulador numa aplicação acessível via API, e esta por sua vez disponibilizada sob a forma de uma máquina virtual, para que qualquer estudante lhe pudesse aceder. Cada equipa tinha apenas de desenvolver o seu Algoritmo Genético, sendo fácil a sua integração com o jogo. Adicionalmente, foi ainda fornecido aos estudantes uma aplicação web integrada com o emulador, que lhes permitia facilmente submeter a sua solução à *leaderboard*, ficando esta imediatamente visível online.

As principais vantagens desta Framework são assim: 1) o uso de elementos de jogo para aumentar a motivação intrínseca dos estudantes e a dinâmica da aula; 2) o fornecimento de feedback em tempo real sobre a performance dos estudantes, sem depender da disponibilidade do docente; e 3) fornecer os apoios e recursos necessários para os estudantes interagirem com os novos elementos introduzidos, minimizando o esforço adicional necessário.

As alterações introduzidas no ensino destas técnicas têm vindo a ser monitorizadas quantitativamente e qualitativamente ao longo dos

anos, revelando elevados índices de satisfação e motivação, particularmente nos indicadores de IMTK. Para o efeito tem sido utilizada a escala proposta em [5], tendo ainda sido desenvolvido um modelo de regressão linear múltipla que mostra os principais fatores que influenciam os diferentes tipos de motivação dos estudantes [6].

Especificamente, a AMS contém uma pergunta principal: "Porque dedicou tempo a estudar para esta Unidade Curricular?". De seguida, são apresentadas aos estudantes diversas respostas a esta questão, indicando estes o seu grau de concordância utilizando uma escala Likert de 7 pontos entre 1 (discordo completamente) e 7 (concordo completamente).

“ESTE CASO DE ESTUDO REVELA QUE A UTILIZAÇÃO DE GAMIFICAÇÃO PODE TER UMA CONTRIBUIÇÃO POSITIVA NO ENSINO DE TÉCNICAS DE IO E IA (...)”

A Fig. 4 mostra as percepções dos estudantes relativamente às questões relacionadas com motivação intrínseca (Q2, Q9, Q11 e Q13). No geral, os resultados mostram que os estudantes são intrinsecamente motivados, e que caracterizam o ambiente/processo de aprendizagem como divertido.

É ainda interessante observar o efeito da vertente competitiva (Fig. 5). Os resultados indicam que os estudantes sentem, de uma forma geral, que um ambiente competitivo não aumentou o seu nível de stress. No entanto, a *leaderboard* e a utilização de um jogo surge como um elemento potencialmente negativo para alguns estudantes, embora

motivante para a maioria. Uma análise mais detalhada revelou uma relação destas variáveis com o género: os elementos competitivos tendem a ser preferidos por estudantes do género masculino.

Este caso de estudo revela que a utilização de gamificação pode ter uma contribuição positiva no ensino de técnicas de IO e IA, levando os estudantes a sentir-se mais intrinsecamente motivados para participar nas tarefas, e a um ambiente de aprendizagem visto geralmente como mais positivo e divertido.

Estes resultados mostram ainda, por outro lado, a complexidade do problema, e como estes efeitos podem não ser generalizáveis a

toda a população, levando à necessidade de uma monitorização próxima e constante, de forma a maximizar o potencial destas abordagens. Sobretudo, é fundamental uma introdução gradual e estruturada, garantindo a manutenção dos processos e formalismos de base necessários, mas permitindo ainda assim apelar à motivação dos estudantes através de novos estímulos e abordagens.

Os resultados apresentados incluem as respostas dos estudantes da UC de IA da ESTG. IPP entre os anos letivos de 2018/2019 e 2020/2021. Mais detalhes, incluindo o modelo desenvolvido, podem ser encontrados em [4,6].

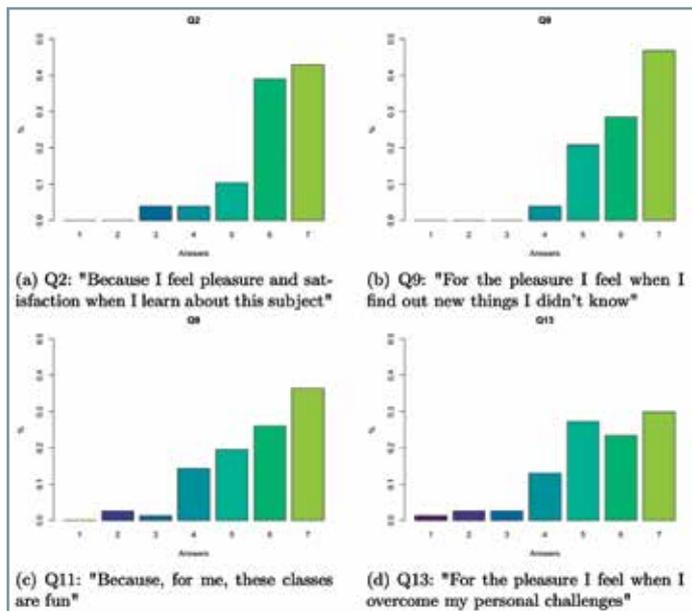


Fig 4 - Análise visual das respostas às questões Q2, Q9, Q11 e Q13, relativas à motivação intrínseca.

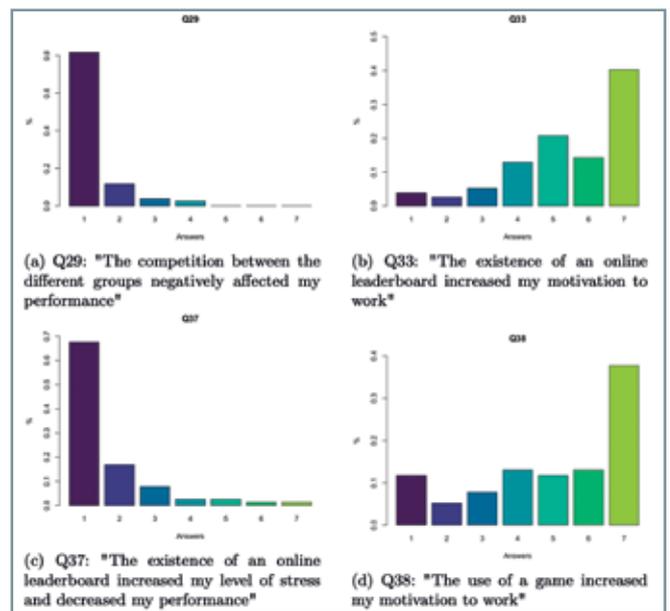


Fig 5 - Análise visual das respostas às questões Q29, Q33, Q37 e Q38, relativas à utilização de jogos e elementos de jogos.

REFERÊNCIAS

- [1] Robert J Vallerand, Luc G Pelletier, Marc R Blais, Nathalie M Briere, Caroline Senecal, and Evelyne F Vallieres. *The academic motivation scale: A measure of intrinsic, extrinsic, and amotivation in education. Educational and psychological measurement*, 52(4):1003–1017, 1992.
- [2] Edward L Deci and Richard M Ryan. *The general causality orientations scale: Self-determination in personality. Journal of research in personality*, 19(2):109–134, 1985.
- [3] Toda, Armando M. and Palomino, Paula T. and Oliveira, Wilk and Rodrigues, Luiz and Klock, Ana C. T. and Gasparini, Isabela and Cristea, Alexandra I. and Isotani, Seiji (2019) 'How to gamify learning systems? an experience report using the design sprint method and a taxonomy for gamification elements in education', *Journal of educational technology and society*, 22 (3), pp. 47-60.
- [4] Carneiro, D., & Barbosa, R. (2022). *A framework for online education in computer science degrees with a focus on motivation. In Methodologies and Intelligent Systems for Technology Enhanced Learning, 11th International Conference 11 (pp. 137-146). Springer International Publishing.*
- [5] Vassilis Barkoukis, Haralambos Tsorbatzoudis, George Grouios, and Georgios Sideridis. *The assessment of intrinsic and extrinsic motivation and amotivation: Validity and reliability of the greek version of the academic motivation scale. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 15(1):39–55, 2008.
- [6] Carneiro, D.R., Silva, R.J.: *Game elements, motivation and programming learning: A case study. In: First International Computer Programming Education Conference (ICPEC 2020). Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum für Informatik (2020)*

THE ROAR PROJECT

HOW TO IMPROVE GRADE 10-12 INTEREST AND MOTIVATION IN MATHEMATICS THROUGH A LEARNING PATH BASED ON OPERATIONS RESEARCH

INTRODUCTION

Consider a company producing some goods and carrying out its operational activities through a network of suppliers and contractors in several regions. Several times a week, the company must visit these suppliers and contractors to deliver and collect pallets of products. It relies on an external logistics company to rent needed vehicles, for which it wants to define routes and visiting times according to different constraints to make deliveries efficiently. To tackle this problem, we may start with a simpler version (one day, one depot, a subset of contractors, and only delivery operations), moving then to more refined and realistic situations (multiple days, heterogeneous vehicles, pickup and delivery). To us working in *Operations Research* (OR), this is very familiar, isn't it? Also, we know what methodologies to use according to the goals to achieve.

Well, now also a Grade-12 class is aware of all these concepts. Moreover, students solved some simplified versions of the problem just depicted as a case for an Italian real company, and presented their work at the company headquarters in January 2023 (see Figure 1). But *how* did they get there?

TEACHING OR BEFORE UNIVERSITY

To answer the question, we need to go back to 2019. Back then, I was a Ph.D. student and, together with another former Ph.D. student, Alessandro Gobbi, we started wondering what OR topics and methods could be taught at a

higher secondary school level. We knew there were some activities in this sense, and we ended up writing a literature review collecting 23 OR-based initiatives [1]. We classified them according to their nature of promotional (4 cases), national (11 cases), or international projects (4 cases), and specified if they were didactic units (8 cases), workshops for students (11 cases), training courses for teachers (11 cases), or competitions (5 cases). See Raffaele & Gobbi [1] for more details.

We also looked for explicit and implicit references to OR in international and national guidelines for mathematics education in higher secondary schools (see Figure 2). OR may be the perfect tool to understand how to model, analyze, and solve real-world problems enhancing the development of problem-solving and modeling skills.

THE ROAR PROJECT

This review was the starting point for designing our initiative. We also involved two other Italian young researchers, Gabriella Colajanni and Eugenia Taranto, specialized in OR and mathematics teaching, respectively.

We conceived *Ricerca Operativa Applicazioni Reali* (ROAR; in English, *Real Applications of Operations Research*), a learning path composed of three teaching units (see Figure 4). The first unit [2, 3], addressed to Grade 10, introduces mathematical modeling and linear programming, through GeoGebra and a Microsoft Excel add-in called Solver. The second unit [4],



ALICE RAFFAELE

Department of Mechanical,
Energy and Management
of the University of Calabria.
Department of Information Engineering
of the University of Padova.
araffaele@dei.unipd.it

addressed to Grade 11, is about graph theory and network applications (e.g., Shortest Path Problem, the Minimum Spanning Tree Problem, and the Travelling Salesman Problem). Here we strengthen modeling skills and show how to develop heuristic algorithms. Finally, the third unit concerns the implementation of mathematical models in Python by exploiting the open-source library PuLP.

The implementation of ROAR started in Spring 2021 as a three-year project-work that fit into a *Percorso per le Competenze Trasversali e l'Orientamento* (PCTO, i.e., *Path for Transversal Skills and Orientation*) activated at the scientific high school IIS Antonietti in Iseo (Brescia, Italy) with the collaboration of Marinella Picchi, a mathematics and physics teacher with a Ph.D. in OR. The first, second, and third units were



Fig. 1 - The Grade-12 class presenting their work.

INTERNATIONAL GUIDELINES

PISA	Formulate, employ, and interpret
UNESCO	Strengthening of technology and mathematics education as necessary for quality of education
EU	Ability to develop and apply mathematical thinking to solve a range of problem in everyday situations

NATIONAL GUIDELINES

USA	Modeling and problem-solving as two of the main standards to achieve according to the Common Core Standards Initiative
AUSTRALIA	Critical thinking and problem-solving skills
CHINA	Learning by doing through mathematical abstraction and modeling
SWEDEN	Problem-solving, modeling, and the development of algorithms for everyday situations
ITALY	Modeling and problem-solving to make decisions by using informatic tools (use, operate, compute, and execute).

Fig. 2 - References to OR in mathematics education guidelines.

carried out from March to May 2021, from January to April 2022, and from October to December 2022, respectively, during the regular class schedule.

ROAR relies on active learning and constructionism, and offers examples and problems closely connected with students' everyday life or with the Italian reality, balancing mathematical modeling and algorithms. ROAR aims to improve students' interest, motivation, and skills related to STEM disciplines, through an innovative way of integrating mathematics and computer science through OR. We wanted to involve students in a way they are not passively receiving concepts and notions but personally act and participate. We adopted collaborative learning and group work besides traditional frontal teaching, which we tried to reduce as much as we could. In each lecture, we typically presented one or two topics by starting from the textual description of a problem, explaining the needed concepts to tackle the problem, and leaving students some time to work on these (see Figure 5). Sometimes, we also alternated these last two phases by applying discovery learning, and we started and finished each lecture with interactive live polls.



Fig. 3 - The ROAR research team. From the left, Gabriella Colajanni (University of Calabria), Alessandro Gobbi (University of Brescia), Alice Raffaele (University of Calabria), and Eugenia Taranto (Kore University of Enna).

ROAR I – GRADE 10
(MARCH – MAY 2021)

Mathematical modeling
Linear, integer, and mixed-integer linear programming
Digital technologies:
GeoGebra, Microsoft Excel add-in Solver, Mentimeter

ROAR II – GRADE 11
(JANUARY – APRIL 2022)

Graph theory and network applications (Minimum spanning tree, Shortest path, Travelling Salesman problems)
Heuristics and pseudocodes
Digital technologies:
+ Kahoot

ROAR III – GRADE 12
(OCTOBER 2022 – JANUARY 2023)

Implementation of mathematical models in Python
Resolution by means of PuLP
Digital technologies:
+ Spyder

Fig. 4 - Summary of the three teaching units composing the ROAR project.

Students' prerequisites are very few: they should know linear equations, linear inequalities, and some notions of analytic geometry; regarding digital technologies, they should be at least familiar with Microsoft Excel and GeoGebra.

NOT ONLY MATHEMATICAL MODELING SKILLS

One of ROAR's features is the development of soft skills such as problem-solving and teamwork through collaboration. That is why we decided not to assess students' acquired skills through individual tests but, to conclude each teaching unit, preferred to assign a project to students divided into groups (Figure 6). We invented the setting of a supermarket chain with several problems to be optimized. At the end of ROAR I, each group had to tackle a different problem starting from its textual description to its mathematical formulation and resolution through Solver. The same setting was also used for the ROAR II project, which consisted of a challenging *competition* on a Vehicle Routing Problem modeling a home delivery service. Finally, to design the project for ROAR III, we took inspiration from an industrial case of *Filtrec S.p.A.* [5], i.e., the problem described in

the introduction of this column. Groups had to collaborate and cooperate both with each other and with us experimenters. The class returned a written report to the company and made a presentation at the company's headquarters, also visiting its factory and warehouse.

ROAR RESOURCES AND EXTENSIONS

All didactic material is available in Italian and English in a public GitHub repository [6], also accessible from the official ROAR project website, available only in Italian [7]. ROAR units are quite modular: one could follow exactly the path we designed or select only some activities and arrange them as preferred. The second unit may be carried out before the first one, being more focused on optimization algorithms for graphs rather than modeling. The ROAR implementation at the IIS Antonietti will start again in Spring 2024. Anyway, throughout these years, we carried out other extensions of ROAR. We implemented single ROAR units several times: we presented ROAR I twice (from November 2021 to March 2022 and from April to June 2023) to some grade-10-12 classes in Piazza Armerina and Enna, at the University of Milano-Bicocca, we



Fig.5 - Macro-structure of a traditional lecture of ROAR.



ROAR I (MARCH – MAY 2021) – COLLABORATIVE LEARNING

Students were divided into five groups, each one tackling a different authentic problem



ROAR II (JANUARY – APRIL 2022) – COMPETITIVE LEARNING

Again, students were divided into five groups, but this time they competed with each other in solving the same challenging problem



ROAR III (OCTOBER 2022 – JANUARY 2023) – COOPERATIVE LEARNING

Students are divided into five groups, joining forces also with the experimenters to tackle a real industrial problem

Fig. 6 - The final projects of the ROAR units.

held a short course based on ROAR I and ROAR II, still addressed to higher secondary school students.

Moreover, we designed several ROAR-based teacher training courses. In particular, we presented ROAR I to teachers from 14 higher secondary schools in eastern Sicily, from October to November 2021, from October 2022 to April 2023, and from October 2023 to April 2024.

In October 2022, we contributed to the OPS4Math project [8] by holding two seminars in Naples. From February 2023 to May 2023, we carried out four meetings on ROAR I and ROAR II at the ITSOS Marie Curie higher secondary school in Cernusco sul Naviglio.

Last but not least, between Winter 2022 and Autumn 2023, we organized “ROAR In Action!”, a seminar series for Grade 11-12 classes. Eight

speakers from industry and academia presented several applications of OR. The aim was to show possible career paths involving applied mathematics for orientation and civic education purposes. We covered routing, facility locations, railway and freight transportation, public transportation, sustainability, and supply chain management. For each seminar, we wrote a column on MaddMaths [9], the main Italian website for the dissemination of mathematics and, when allowed, uploaded the recording on the ROAR YouTube channel [10].

CONCLUSIONS

ROAR broadened students’ experiences with OR having an impact on the ideas they had about mathematics and its applications in the real world. The implementation of a modeling pathway such as ROAR can be successfully tackled by ordinary higher secondary students. In our opinion, it is thus appropriate to include OR and its type of problems in regular mathematics lectures, clearly not every day but regularly.

REFERENCES

- [1] Raffaele, A. and Gobbi, A., (2021). *Teaching Operations Research before University: A Focus on Grades 9–12*. In *Operations Research Forum (Vol. 2, No. 1, pp. 1-32)*. Springer International Publishing.
- [2] Colajanni, G., Gobbi, A., Picchi, M., Raffaele, A. and Taranto, E., 2022. *An Operations Research–Based Teaching Unit for Grade 10: The ROAR Experience, Part I*. *INFORMS Transactions on Education*.
- [3] Colajanni, G., Gobbi, A., Picchi, M., Raffaele, A. and Taranto, E., 2022. *Fostering students’ development of modelling and problem-solving skills through Operations Research and digital technologies in a collaborative environment*. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*.
- [4] Colajanni, G., Gobbi, A., Picchi, M., Raffaele, A. and Taranto, E., 2023. *An Operations Research–Based Teaching Unit for Grade 11: The ROAR Experience, Part II*. *INFORMS Transactions on Education*.
- [5] Filtrec S.p.A., <https://www.filtrec.com/>.
- [6] ROAR public GitHub repository [IT/EN], <https://github.com/aliceraffaele/ROAR>.
- [7] ROAR website [IT], <https://sites.google.com/view/progettoroar/>.
- [8] Boccia, M., Masone, A., Orabona, A., Sforza, A., & Sterle, C. (2022). *OPS4Math project-Optimization and Problem Solving for Teaching of Mathematics: teaching strategy, organization and objectives*.
- [9] MaddMaths!, <https://maddmaths.simai.eu/>.
- [10] ROAR YouTube channel, <https://www.youtube.com/@ROARproject>.

FRAMEWORK PARA A PREVENÇÃO DA PERDA E DO DESPERDÍCIO ALIMENTAR AO LONGO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO DE PRODUTOS FRESCOS



VANESSA SOFIA MELO MAGALHÃES

CEMMPRE, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra
 vanessa.magalhaes@dem.uc.pt

ENQUADRAMENTO

A perda e o desperdício alimentar (PDA) representam um terço do total de alimentos produzidos globalmente para consumo humano, cerca de 1,3 mil milhões de toneladas de alimentos, desperdiçando também os 0,9 milhões de hectares de terra e 306 quilómetros cúbicos de água utilizados na sua produção [1]. A PDA representa não só uma má utilização dos recursos naturais (como fertilizantes, terras de cultivo, água doce e energia), mas também uma oportunidade perdida de alimentar a população mundial em crescimento, uma vez que se prevê que a produção alimentar terá que aumentar 70% para satisfazer as necessidades mundiais até 2050 [2]. Além disso, se reduzíssemos para metade a PDA global, mais mil milhões de pessoas poderiam ser alimentadas, o que, por sua vez, teria o potencial de acabar com a fome no mundo, uma vez que existiam, em 2022, cerca de 735 milhões de pessoas famintas e subnutridas, principalmente nos países em desenvolvimento, segundo dados da ONU. É por este motivo que a redução da PDA tem estado na agenda de muitas entidades governamentais nos últimos anos. Em 2015, as Nações Unidas elaboraram a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, adotada por todos os Estados-Membros, onde foram estabelecidos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O ODS 12 visa “assegurar padrões de consumo e produção sustentáveis” e a meta 12.3 apela especificamente para “reduzir para metade o desperdício alimentar global *per capita* a nível do retalho e do consumidor” e “reduzir a perda de alimentos ao longo das cadeias de produção e de abastecimento, incluindo a perda pós-colheita”, até 2030 [3]. Nesse contexto, a minimização da PDA e o uso eficiente dos recursos naturais desempenham um papel crucial no desafio de alimentar a população mundial de forma sustentável. No entanto, o sucesso de tais iniciativas requer uma compreensão detalhada do que está a causar a PDA ao longo da cadeia de abastecimento (CA) e a identificação dos pontos críticos onde esta perda e este desperdício ocorrem. A redução da PDA requer mudanças holísticas e sistémicas na produ-

ção, processamento, distribuição e consumo de alimentos. Embora a prevenção tenha sido a solução menos promovida até à data (p. ex., em detrimento da reciclagem), é a opção ambientalmente mais favorável e a melhor opção numa perspetiva de consumo e produção sustentáveis a longo prazo [4].

FRAMEWORK PARA A PREVENÇÃO DA PERDA E DO DESPERDÍCIO ALIMENTAR

Com vista a responder aos desafios expostos anteriormente, foi desenvolvida uma *framework* holística, apresentada na Figura 1, baseada em métodos de decisão multicritério (MCDM – *Multi-Criteria Decision-Making Methods*), para orientar investigadores e profissionais na identificação das estratégias de mitigação mais promissoras para reduzir a PDA ao longo das cadeias de abastecimento de produtos frescos.

A *framework* proposta consiste em oito passos sequenciais: 1) Estabelecer cuidadosamente os limites do sistema e definir o contexto do problema (como a escala, os membros da CA, o produto alimentar, os objetivos...), uma vez que o paradigma da PDA é diferente para países com diferentes níveis de desenvolvimento económico, para diferentes fases da CA alimentar e para diferentes produtos alimentares; 2) Detalhar o que é considerado como PDA, para facilitar a validação e a comparabilidade dos estudos, uma vez que as metodologias utilizadas para a quantificação da PDA dependem da sua definição (p. ex., apenas a parte evitável do alimento ou apenas a sua parte comestível); 3) Definir as unidades de medida (por exemplo, massa, valor económico), identificar os fluxos e os pontos críticos de PDA, compreendendo quanto dos produtos alimentares iniciais chega às diferentes fases da cadeia, e estabelecer as metodologias para a quantificação da PDA; 4) Identificar as causas da PDA ao longo da CA alimentar, recolhendo informações tanto da literatura como de peritos; 5) Estudar as relações entre as causas identificadas, utilizando um método de decisão multicritério adequado, para identificar quais são as causas-raiz da PDA; 6) Identificar as possíveis estratégias de mitigação a serem aplicadas ao longo da CA

“A REDUÇÃO DA PDA REQUER MUDANÇAS HOLÍSTICAS E SISTÊMICAS NA PRODUÇÃO, PROCESSAMENTO, DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO DE ALIMENTOS”

alimentar para combater as causas-raiz identificadas anteriormente e definir critérios de avaliação adequados para avaliar o desempenho das estratégias de mitigação; 7) Classificar as estratégias de mitigação de acordo com o seu desempenho no conjunto de critérios de avaliação selecionados, utilizando um método de decisão multicritério adequado, para determinar as estratégias com maior potencial para reduzir a PDA ao longo da CA alimentar; e 8) Investigar o impacto que a implementação das estratégias de mitigação terá na CA alimentar e identificar estratégias para o seu redesenho, se necessário, avaliando, por fim, o desempenho da CA alimentar e a eficiência das estratégias de mitigação para reduzir os níveis de PDA ao longo da CA, para estabelecer se os objetivos definidos no primeiro passo foram cumpridos. A *framework* foi aplicada na CA de frutas e vegetais em Portugal e na CA de carne bovina no Brasil, envolvendo especialistas desde a produção até ao retalho, por forma a testar a adequação e a validade da mesma para orientar a identificação das estratégias de mitigação mais promissoras para reduzir a PDA em países de diferentes níveis de desenvolvimento económico, para diferentes fases da CA alimentar e para diferentes produtos alimentares.

IMPLEMENTAÇÃO NA CADEIA DE ABASTECIMENTO DE FRUTAS E VEGETAIS EM PORTUGAL

Diferentes discussões com um grupo focal e entrevistas semiestruturadas com um painel de peritos de empresas que operam em Portugal com uma experiência considerável na produção, distribuição e venda de frutas e

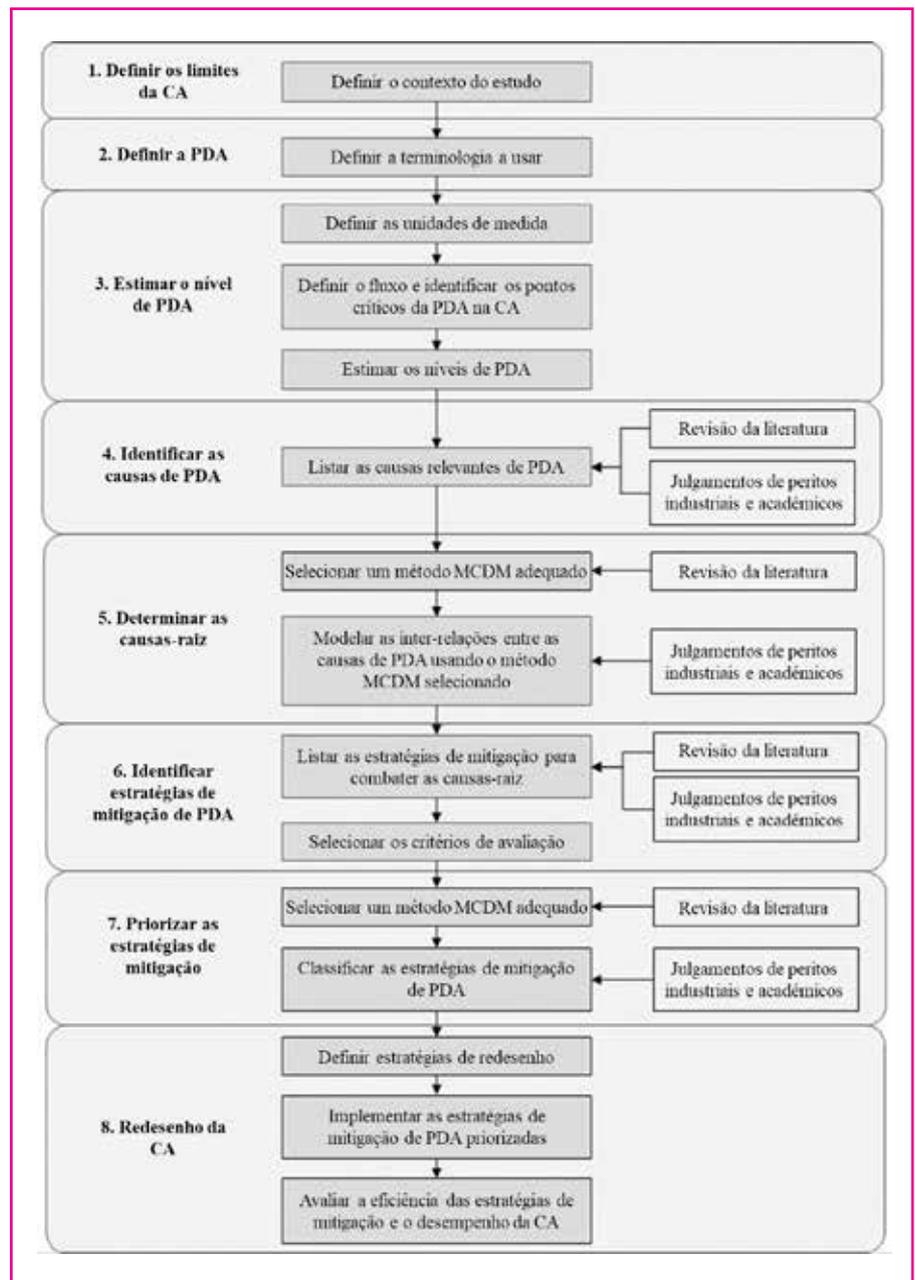


Fig. 1 – Framework para a redução da perda e do desperdício alimentar em cadeias de abastecimento de produtos frescos.

produtos hortícolas permitiram recolher julgamentos e opiniões sobre a dinâmica da PDA desde a produção agrícola até à fase de venda a retalho de frutas e vegetais, a fim de manter uma perspetiva da CA e alcançar uma compreensão holística do problema. O grupo de peritos foi cuidadosamente escolhido para ajudar a identificar as causas relevantes da PDA no contexto em estudo e para desenvolver um modelo baseado em *Interpretive Structural Modelling* (ISM) para representar as inter-relações entre elas [5]. Os seus resultados foram complementados com a implementação da

ferramenta *Matrix Impact of Cross Multiplication Applied to Classification* (MICMAC) para identificar as causas-raiz. Após a identificação das causas-raiz, o passo seguinte consistiu na implementação do método de decisão multicritério *Weighted Aggregated Sum Product Assessment* (WASPAS), para avaliar o desempenho de diferentes estratégias de mitigação, capazes de combater as causas-raiz de PDA identificadas anteriormente, segundo um conjunto de critérios de avaliação, e permitir a priorização das estratégias mais urgentes. Os pesos relativos dos critérios de avaliação

**“DESENVOLVEU-SE UMA
FRAMEWORK HOLÍSTICA
CAPAZ DE IDENTIFICAR AS
ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO
MAIS PROMISSORAS PARA
REDUZIR A PERDA E O
DESPERDÍCIO ALIMENTAR
AO LONGO DAS CADEIAS
DE ABASTECIMENTO DE
PRODUTOS FRESCOS”**

foram determinados com recurso ao método multicritério *Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis* (SWARA). Esta abordagem híbrida é fácil de implementar e a classificação das alternativas tem grande fiabilidade na resolução de problemas que auxiliam o processo de tomada de decisões [6].

Com a aplicação da *framework* neste contexto, foi possível identificar cinco causas principais de PDA de natureza logística, nomeadamente: 1) o mau manuseamento e o desempenho operacional deficiente da CA; 2) embalagens inadequadas ou defeituosas/danificadas; 3) a falta de instalações de armazenamento; 4) a falta de coordenação e de partilha de informações ao longo da CA; e 5) sistemas de transporte inadequados.

Tendo em conta as causas principais de PDA, as diferentes partes interessadas da CA de frutas e vegetais devem priorizar a implementação de cinco estratégias de mitigação: 1) partilhar e manter informações sobre o prazo

de validade restante de um produto; 2) formar os colaboradores em práticas eficazes de manuseamento; 3) assegurar a comunicação entre as diferentes fases da CA; 4) implementar sistemas automatizados de previsão da procura, e 5) desenvolver e utilizar embalagens inteligentes para monitorizar a segurança e a qualidade dos produtos frescos. Estas estratégias estão principalmente relacionadas com a gestão de informação e visam melhorar o seu fluxo ao longo da CA, para garantir que o processo de tomada de decisão é apoiado por informação suficiente. A melhoria do fluxo de informação dependerá do desenvolvimento de novas soluções tecnológicas ou de uma melhor utilização das existentes (como a utilização de embalagens inteligentes para monitorizar a segurança e a qualidade dos produtos ou a implementação de sistemas informáticos integrados, de sistemas automatizados de previsão da procura e de sistemas de rastreabilidade para melhorar a visibilidade e partilhar a informação ao longo da CA), que são altamente condicionados pelos níveis de coordenação e colaboração entre os membros da CA. A partilha de informação poderá minimizar o desfaseamento entre a oferta e a procura e melhorar as decisões tomadas em relação ao prazo de validade de um produto, evidenciando o papel da gestão da informação na redução da PDA ao longo da CA em análise.

IMPLEMENTAÇÃO NA CADEIA DE ABASTECIMENTO DE CARNE BOVINA NO BRASIL

Uma metodologia em tudo semelhante à discutida anteriormente foi implementada para estudar a inter-relação e determinar as causas-raiz da PDA na CA de carne bovina no Brasil. Os peritos entrevistados reuniam experiência na produção, abate, rastreamento e venda (in-

cluindo para exportação) de produtos de carne bovina, garantindo uma visão integrada da CA de carne bovina. As principais causas de PDA identificadas estão relacionadas com problemas logísticos, similarmente ao caso analisado anteriormente, mas também incluem causas relacionadas com as características intrínsecas do produto e com a procura. Neste contexto, o desenvolvimento futuro da CA de carne bovina e o combate efetivo contra a PDA vão depender da capacidade do país de melhorar as suas infraestruturas de transporte, melhorar o transporte de animais vivos e o seu manuseamento desde o pasto até aos matadouros, ajustar a variedade de produtos nos supermercados às necessidades dos consumidores e melhorar o controlo sanitário e as inspeções para evitar animais insalubres e surtos de doenças.

Em suma, a *framework* fornece aos investigadores, profissionais e decisores políticos uma abordagem compreensível e estruturada para definir prioridades no combate das PDA em qualquer contexto (diferentes regiões, cadeias de abastecimento ou mesmo produtos alimentares).

**“AS PRINCIPAIS CAUSAS
DE PERDA E DESPERDÍCIO
ALIMENTAR NA CADEIA DE
ABASTECIMENTO DE FRUTAS
E VEGETAIS EM PORTUGAL
ESTÃO RELACIONADAS COM
PROBLEMAS LOGÍSTICOS”**

REFERÊNCIAS

- [1] Bendinelli, W.E., Su, C.T., Péra, T.G., Caixeta Filho, J.V., 2020. What are the main factors that determine post-harvest losses of grains? *Sustain. Prod. Consum.* 21, 228–238. doi: 10.1016/j.spc.2019.09.002
- [2] Wunderlich, S.M., Martinez, N.M., 2018. Conserving natural resources through food loss reduction: production and consumption stages of the food supply chain. *Int. Soil Water Conserv. Res.* 6, 331–339. doi: 10.1016/j.iswcr.2018.06.002
- [3] UN General Assembly, 2015. Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015 (A/RES/70/1).
- [4] Magalhães, V.S., Ferreira, L.M.D., Silva, C., 2021. Causes and mitigation strategies of food loss and waste: A systematic literature review and framework development. *Sustain. Prod. Consum.* 28, 1580-1599. doi: 10.1016/j.spc.2021.08.004
- [5] Magalhães, V.S., Ferreira, L.M.D., Silva, C., 2021. Using a methodological approach to model causes of food loss and waste in fruit and vegetable supply chains. *J. Clean. Prod.* 283, 124574. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124574
- [6] Magalhães, V.S., Ferreira, L.M.D., Silva, C., 2022. Prioritising food loss and waste mitigation strategies in the fruit and vegetable supply chain: A multi-criteria approach. *Sustain. Prod. Consum.* 31, 569-581. doi: 10.1016/j.spc.2022.03.022
- [7] Magalhães, V.S., Ferreira, L.M.D., da Silva César, A., Bonfim, R.M., Silva, C., 2020. Food loss and waste in the Brazilian beef supply chain: an empirical analysis. *Int. J. Logist. Manag.* 32(1), 214-236. doi: 10.1108/IJLM-01-2020-0038

DE PORTUGAL PARA OS ESTADOS UNIDOS

Em 2007 iniciei o meu percurso académico na Faculdade de Ciências da Universidade Porto no curso de Ciência de Computadores. Trabalhar numa empresa nos Estados Unidos era algo que já me interessava na altura devido à enorme quantidade de avanços tecnológicos com origem nesse país. O curso foi escolhido pelo facto de ter um programa bastante semelhante aos programas das universidades norte-americanas.

No final do meu primeiro ano da licenciatura fui convidado pelo professor João Pedro Pedroso para um projeto de investigação operacional. Comecei assim o meu percurso académico na área de IO em paralelo com o meu curso de ciência de computadores. Programação matemática foi algo em que comecei a trabalhar desde cedo e que de imediato me surpreendeu pela sua eficácia em diversos problemas. Ganhei muito interesse pela teoria matemática e pelos algoritmos usados. Apesar de ter trabalhado com diversos outros métodos de resolução, programação matemática usando técnicas de modelação focadas nas propriedades matemáticas dos modelos era geralmente mais eficaz.

No meu mestrado trabalhei em modelos para resolução de problemas de corte e empacotamento. Após a leitura de um artigo do professor Valério de Carvalho sobre um método de geração de colunas baseado num grafo contendo padrões de cortes representados como caminhos, comecei a trabalhar em algoritmos capazes de gerar grafos compactos para variantes com qualquer número de dimensões de modo a assim evitar geração de colunas. Tendo já experiência sobre o poder dos solvers quando o problema lhes pode ser transmitido na totalidade, esperava conseguir desenvolver um método eficaz para todos os problemas que conseguisse modelar desta forma se o grafo subjacente não fosse demasiado grande.

Na minha tese de mestrado em 2012 introduzi um método de construção e compressão de grafos com resultados bastante promissores. Logo de seguida iniciei o meu doutoramento em que continuei o trabalho que tinha iniciado no mestrado. Ao desenvolver um novo algoritmo capaz de comprimir os grafos durante a sua construção, a eficácia do método e a quantidade de aplicações aumentaram significativamente. Em 2013 disponibilizei o meu

método num projeto open-source chamado VPSolver.

Este projeto foi ganhando popularidade e já em 2014 fui contactado por uma grande multinacional americana. Fui então convidado a ir à sede europeia da empresa na Holanda para ver de perto todo o processo que poderia vir a ser otimizado de forma autónoma pelo meu método. Fazendo pequenos ajustes ao modelo para ter em consideração todos os detalhes de negócio necessários, foi relativamente rápido chegar a algo que lhes permitiria substituir os processos existentes de otimização manual e obter soluções muito melhores. Desde então o meu modelo é usado em todas as fábricas em mais de 40 países diariamente de forma autónoma resultando em poupanças anuais na ordem dos milhões de dólares.

Em 2016 recebi o prémio Wolsey devido a esse mesmo projeto e falei ao professor Laurence Wolsey do meu interesse na aplicação prática de otimização e que era algo que me parecia ocorrer principalmente nos Estados Unidos. Decorrendo dessa conversa, o Professor Wolsey enviou-me um anúncio de uma vaga de emprego na AMPL Optimization, Inc., uma empresa americana na área da otimização com um produto muito usado em aplicações energéticas, logísticas, financeiras e militares. Apesar de ser um cargo remoto nos Estados Unidos, candidatei-me. Pouco depois fui contactado e deram-me a possibilidade de trabalhar a partir de Portugal. Desde então tenho visitado os Estados Unidos 2 a 3 vezes por ano e trabalho desde Portugal durante o resto do ano.

A forma de trabalho e de funcionamento das empresas Norte Americanas é bastante diferente do que vejo por Portugal e pela Europa. Os cargos técnicos são muito mais valorizados que cargos de gestão e com salários muito mais altos e atrativos do que na Europa. Em contrapartida, o nível de competitividade é extremo e não há margem para erro.

Durante os últimos 7 anos pude observar o quão importante é IO na indústria Norte Americana. É comum empresas terem dezenas de pessoas a trabalhar exclusivamente na otimização de diversos aspetos dos negócios. Por exemplo, numa companhia aérea são resolvidos várias dezenas de problemas diferentes de otimização todos os dias para assegurar que lucros são maximizados e despesas são minimizadas



FILIPE BRANDÃO

AMPL Optimization, Inc.
fdabrandao@ampl.com

em todas as áreas do negócio. Existe também investimento contínuo em melhorar métodos e procurar novas oportunidades para otimizar.

Uma outra indústria com que lido e onde vejo quão importante é otimização são os Hedge funds. Neste caso há geralmente equipas com salários milionários a competir diariamente para produzir melhores modelos capazes de lhes trazer o máximo de lucro com o mínimo de risco.

No fundo, o que vejo nos Estados Unidos da América é a busca imparável por melhorar todos os dias, sendo que a competição é enorme. Há uns meses atrás, durante uma conferência da área na Alemanha, um professor queixava-se do facto de muitas empresas alemãs serem ainda geridas por decisões arbitrárias feitas no Excel quando existia muita investigação académica que podia ser aplicada. Foi um contraste interessante com a visão norte-americana em que os resultados dos modelos é que são soberanos.

IO 2024 | O Potencial da IO na Formulação e Implementação de Políticas Públicas



O XXIII Congresso da Associação Portuguesa de Investigação Operacional, IO2024, será realizado na Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viseu, de 24 a 26 de março de 2024. Com o tema "O Potencial da IO na Formulação e Implementação de Políticas Públicas", o evento explorará o papel vital da Investigação Operacional na tomada de decisões informadas para políticas públicas mais eficazes e eficientes.

Este congresso nacional proporciona um ambiente propício para aprofundar conhecimentos em Investigação Operacional, abrangendo desenvolvimentos teóricos, metodológicos e aplicações. Ao longo dos três dias, teremos a oportunidade de aprender, partilhar sucessos e insucessos, fortalecer as colaborações e rever amigos.

Consulte o programa científico em <http://apdio.pt/web/io2024/programa-cientifico> para ficar a par de todas as atividades planeadas. Destacamos duas oradoras principais: Mara Almeida, Vereadora da Câmara Municipal de Viseu e co-fundadora e CEO do Grupo ENAME, e Ine Steenmans, Associate Professor na University College London (UCL). Salientamos também a mesa redonda de terça-feira sobre dados disponíveis publicamente e sua aplicação na investigação.

O EstudIO, patrocinado pela SISCOG, ocorrerá, como habitualmente, integrado no congresso.

O programa social, preparado pela comissão organizadora, inclui um Dão de Honra no domingo na Pousada de Viseu e o Jantar do Congresso na segunda-feira na Quinta do Barreiro.

A sessão de encerramento do congresso será marcada pela atribuição do prémio APDIO IO 2024, do prémio Augusto Queirós Novais e também do prémio EstudIO.

Junte-se a nós em Viseu, de 24 a 26 de março, para um IO2024 inesquecível!

Carlos Henggeler Antunes, Presidente da APDIO
Paula Sarabando, Presidente da Comissão Organizadora
Maria Antónia Carravilla, Presidente da Comissão de Programa

ESGI-181 European Study Group with Industry

Entre 8 e 12 de julho de 2024 em Vila Real, na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), ir-se-á realizar o European Study Group with Industry-181 (ESGI).

Este encontro permitirá que académicos das mais diversas áreas da Matemática trabalhem colaborativamente em desafios industriais com que as empresas se confrontam, sugerindo metodologias da sua área de especialização que conduzam à solução e contribuindo, desta forma, para a transferência de Investigação e Desenvolvimento.

Mais informação brevemente disponível em esgi2024.utad.pt

EWEPa XVIII | 18th European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis



Esta conferência é a conferência bianual de Efficiency and Productivity Analysis, tendo o ano passado sido realizada no Porto na Católica Porto Business School. O mesmo comité de organização vai agora organizar a conferência em Faro entre os dias 18 e 21 de junho de 2024. Mais informação em <https://ewepa.org/>

Prémio | Decision Analysis Practice Award

O Decision Analysis Practice Award, patrocinado conjuntamente pela INFORMS Decision Analysis Society e pela Society of Decision Professionals, reconhece contribuições excecionais para a prática da Análise de Decisão (<https://www.decisionprofessionals.com/das-sdp-award>). O Prémio foi atribuído em 2023 a Carlos Bana e Costa, Mónica Oliveira e Ana Vieira, pelo trabalho "Fostering participation & knowledge construction processes in real settings through decision analysis and collaborative value modeling" (<https://www.youtube.com/watch?v=0W3VLIh3LMc>). Este projeto inclui trabalho inovador desenvolvido com várias organizações: o Fórum Brasileiro para as Mudanças Climáticas, a GALP, o Instituto de Saúde Baseada na Evidência, a Parceria para a Sustentabilidade e Resiliência dos Sistemas de Saúde, o INFARMED e vários parceiros hospitalares.



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@dps.uminho.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
150 exemplares