

BOLETIM

APDIO

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL | 61 | DEZEMBRO '19

IO EM AÇÃO

**SUSTAINABLE
NETWORK
REDESIGN**

ARTIGO DE OPINIÃO

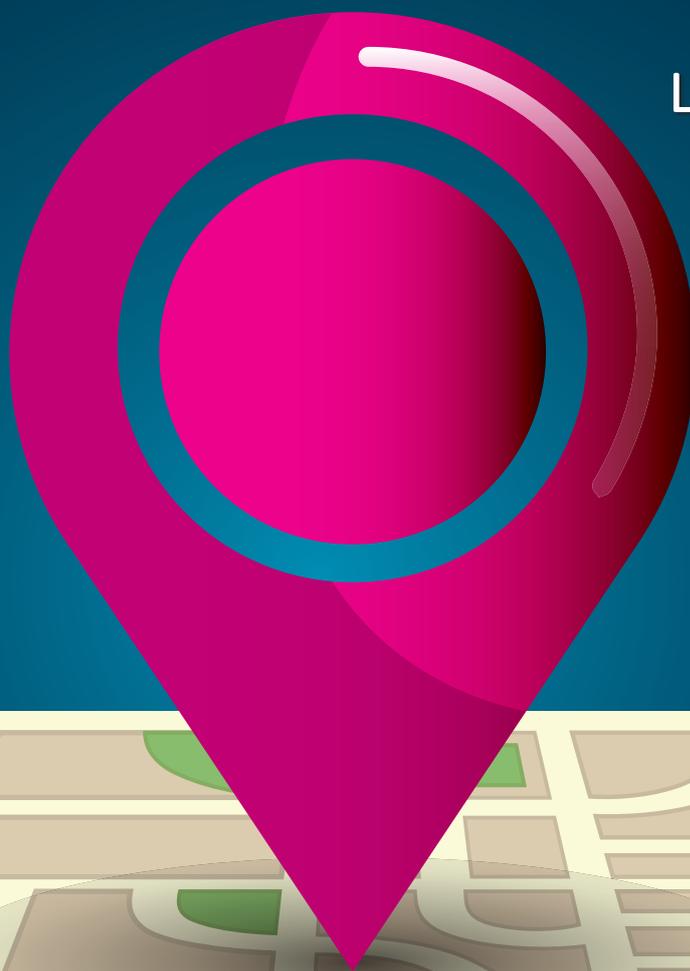
**SOBRE A
LOCALIZAÇÃO DE
EQUIPAMENTOS
E SERVIÇOS**

ENTREVISTA

BAHAR KARA

TÉCNICAS DE IO

**OTIMIZAÇÃO
EM DOIS NIVEIS
MULTIOBJETIVO**



ÍNDICE

03 ENTREVISTA
BAHAR KARA

05 ARTIGO DE OPINIÃO
SOBRE A LOCALIZAÇÃO
DE EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS
M. Eugénia Captivo
João Clímaco

09 TÉCNICAS DE IO
OTIMIZAÇÃO EM DOIS NÍVEIS
MULTIOBJETIVO:
A IMPORTÂNCIA DE DIFERENTES
TIPOS DE SOLUÇÕES PARA O APOIO
À DECISÃO
Maria João Alves
Carlos Henggeler Antunes

13 IO EM AÇÃO
SUSTAINABLE NETWORK REDESIGN:
A CASE OF FOOD AID DISTRIBUTION
Carlos L. Martins
M. Teresa Melo
Margarida Vaz Pato

17 LUGAR AOS NOVOS
UM PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO
DINÂMICA CONSIDERANDO
INCERTEZA NO TEMPO
DE PREPARAÇÃO DOS SERVIÇOS
Maria do Céu Marques
Joana Dias

19 O SÓCIO N.º...
...1126
Leonor Almeida Santiago Pinto

20 NOTÍCIAS DA APDIO



ELIANA COSTA E SILVA

Centro de Inovação e Investigação
em Ciências Empresariais
e Sistemas de Informação
Escola Superior de Tecnologia e Gestão,
Politécnico do Porto



RUI BORGES LOPES

Departamento de Economia,
Gestão, Engenharia Industrial e Turismo.
Universidade de Aveiro

EDITORIAL

“Location, Location, Location” - a famosa dupla repetição, usada inicialmente para sugerir as três questões mais importantes no imobiliário, continua a ser bastante atual, sendo igualmente importante para muitas outras questões do nosso dia-a-dia. A determinação da localização de serviços e/ou equipamentos, tanto públicos como privados, é, pois, tipicamente um desafio, que nalguns casos se reveste de especial complexidade. Esta complexidade, entre outros, pode advir do horizonte temporal a considerar, dos diferentes atores envolvidos, ou até do tipo de equipamento/serviço a instalar. De facto, tendo em conta os atuais desafios societários, os problemas de localização, apesar da sua veteranaria na área da Investigação Operacional (IO), apresentam ainda vasta oportunidade de exploração tanto ao nível das técnicas para a sua resolução como das suas características. Neste boletim tenta-se mostrar alguns dos desenvolvimentos realizados neste tipo de problemas e dar uma perspetiva geral dos desafios ainda existentes e que eventualmente importa considerar em futuras abordagens.

Bahar Yetis Kara, especialista em Problemas de Localização, e com um trabalho de louvar na área da logística humanitária, abre este boletim na rubrica Entrevista.

No Artigo de Opinião, Maria Eugénia Captivo e João Clímaco abordam a temática de localização de equipamentos e serviços, dando uma perspetiva global dos diferentes tipos de problemas de localização e dos seus principais desafios.

Maria João Alves e Carlos Henggeler Antunes, em Técnicas de IO, introduzem a otimização em dois níveis multiobjetivo, frisando a importância de explorar diferentes tipos de soluções quando perante processos de decisão hierárquicos não cooperativos.

Em IO em Ação, Carlos L. Martins, M. Teresa Melo e Margarida Vaz Pato, apresentam um caso de aplicação da IO para o desenho de uma rede de distribuição de ajuda alimentar, tendo em conta preocupações económicas, ambientais e sociais.

O Lugar aos Novos conta com a participação de Maria do Céu Marques e Joana Dias, onde é apresentado um modelo de localização dinâmica. Este modelo estocástico estende trabalho anterior, passando a incluir a incerteza no tempo de preparação de serviços.

Na rubrica O Sócio N.º ... Leonor Almeida Santiago Pinto, sócia n.º 1126, partilha connosco as várias peripécias pelas quais passou ao longo do seu percurso pessoal e na IO.

Na última página surge, como habitual, o espaço para as notícias enviadas pelos sócios, onde constam as atividades relevantes do segundo semestre de 2019 e dos eventos que se irão realizar num futuro próximo.

ENTREVISTA

Having an impressive academic curriculum in the Operational Research (OR) field, most noticeably in Location Analysis, what do you think are the highlights and most deciding moments in your career? And how would you advise a student or young researcher in order to achieve academic success in OR?

I took a graduate level course when I was a senior year student from Prof Barbaros Tansel. The course was on "Location Theory" and we were following Mirchandani and Francis 1989 book. Being an undergraduate level student, among those PhD students, I put my everything to the course to impress the professor. I got an A, and I think I was in the top 1% of the course :) Studying that hard and learning everything by heart, I guess that course actually opened my way towards location theory.

I believe, being an academician is really different than working as an engineer in corporate life. If you are working on a proof or something, you cannot tell your brain to stop thinking and also you cannot tell your brain to complete the proof either... It happens when it happens. You just need to provide the necessities, like books, papers, coffee, and then the rest will follow. One other aspect is, at least after you receive your PhD, no one can dictate you which area you should work at. You focus your own research towards the area that you want to. From my point of view, you will only be successful at your research if you really like it, are passionate about it, which also helps you to be happy at life. Getting paid for doing what you like :) So my two-cents would be "choose the area wisely".

One of your Research Interests is Humanitarian Logistics. Resource location, such as relief distribution and shelters, is one of the main operational issues in humanitarian logistics, can you tell us the main challenges or unanswered question from a practical perspective?

In my last years, I divert my research agenda towards humanitarian applications. I was always working on location and logistics and at some point I decided to locate and route for Red Cross and Red Crescent instead of, say, a cargo company. Once you start learning the application dynamics, you would also appreciate the additional challenges coming with the application. This is true for any type of application

but for humanitarian applications you also have the additional nice feeling that you are also doing something nice :) I really liked the motto "Doing Good with Good OR".

One major challenge in humanitarian supply chains is the number of players and stakeholders in the game. For a commercial supply chain, you have your customers and vendors, and maybe logistics providers. For a humanitarian supply chain, there are so many stakeholders in the game including the media, governments, army, non-governmental organizations (NGOs), beneficiaries, etc. With these many players the problem becomes even more challenging.

For example, last mile distribution is an issue for commercial supply chains too, and for humanitarian supply chains last mile is even more challenging. Sometimes last mile is run by, say one guy who owns the elephant in the area, and all NGOs that try to help the beneficiaries in the same area would bid for the same elephant, or the road network could have been disconnected due to debris and reaching the beneficiaries would require additional tasks and challenges.

In commercial supply chain problems we can differentiate the problems as strategic, tactical, and operational and we can approach the issues arising different stages separately, like we never consider road blockage by debris. However, for humanitarian supply chains a holistic approach is more needed.

You have been involved in the EURO Working Group (EWG) HOpe. Can you elaborate on the main goal of this EWG and what have been the main activities?

There are actually a good number of established researchers in Europe that focus on humanitarian problems. The main goal of EWG HOpe was to come together and become a member of a larger family. Many international NGOs have headquarters in Europe and we all have different connections. Within HOpe, we also manage to build a larger platform that the university and NGOs can communicate. We are actually doing very well in that respect. We have workshops every year where we all come together and discuss the more pronounced issues and disseminate findings.



BAHAR YETIS KARA

Department of Industrial Engineering
Bilkent University
bkara@bilkent.edu.tr

“ONE OF THE BIGGEST CHALLENGES IN REFUGEE RELATED PROBLEMS IS ACTUALLY THE FACT THAT WE ARE DEALING WITH A COMPLETELY DIFFERENT CULTURE”



The world has been facing the increasing need to provide support to refugees. In fact, this is a pressing issue in the agenda of many countries in the world and particularly in Europe. In a recent work you have addressed the refugee camp management problem. Can you tell us your view on this problematic? How can OR contribute to try to solve this and other similar humanitarian problems?

Today, the world is facing one of the biggest refugee crises. Being a borderline country to Syria, Turkey hosts most of the refugees since 2011. At the beginning, refugee camps were established but within years, we see that refugees prefer to live in cities rather than the refugee camps. Turkish Red Crescent (TRC) is still running 14 camps in the border cities but most of the refugee population has been scattered to cities throughout Turkey. There are so many challenging issues in this area that good OR could help. For example, I had worked



on “shelter site location problem” before. TRC is the main responsible for operating shelter areas in Turkey and they are used for temporary settlements after a disaster. However, once I started to work on refugee camp management problem, the very first thing I learned is that these two problems are completely different from each other. First of

all, the measures and criteria are different, time span is different. One of the biggest challenges in refugee related problems is actually the fact that we are dealing with a completely different culture. Now that the issue has been around for a long time, local opposition emerged as an additional challenge. I guess “Good OR” will do a lot of “Good” in this domain.

SOBRE A LOCALIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS

A sociedade atual suscita problemas de decisão cada vez mais complexos, muitas vezes relacionados com a localização de equipamentos ou serviços, e, neste contexto, a comunidade de Investigação Operacional (IO) é frequentemente confrontada com a necessidade de se preparar para o apoio a processos de decisão, não só operacionais, mas também de natureza estratégica [2]. Nos problemas de localização pretende-se instalar um determinado tipo de serviço ou equipamento, para servir da 'melhor forma' um conjunto de comunidades ou clientes cujas localizações e necessidades são conhecidas. Do ponto de vista histórico, uma das primeiras referências a um estudo sobre localização de unidades industriais encontra-se em [14]. Mas, na ótica matemática, ou geométrica, estes problemas já tinham

“É INDISPENSÁVEL TER EM CONTA A SUA RELAÇÃO [DOS PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO] COM OS DESAFIOS DA SUSTENTABILIDADE, ENVOLVENDO NOMEADAMENTE PROBLEMAS DE IMPACTO AMBIENTAL/ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, QUESTÕES RELACIONADAS COM O DESEMPREGO/VIDA DECENTE DE POPULAÇÕES, INTERESSES DE NATUREZA LOCAL VERSUS INTERESSES REGIONAIS E/OU NACIONAIS”

sido abordados nos séculos XVII, XVIII e XIX, como é referido em [4]. Mais ainda, no planeamento e projeto das cidades na antiguidade, nomeadamente na Grécia Antiga, estas preocupações já estavam presentes. Na perspectiva da IO clássica, têm sido considerados na segunda metade do século XX, como problemas de otimização de uma função objetivo, por forma a determinar a dimensão ou capacidade de serviços e/ou equipamentos industriais ou outros, assim como o seu número e localização, e envolvendo, em muitos casos, a afetação dos locais de procura aos pontos de instalação. Hoje em dia, todos se apercebem da complexidade crescente associada ao estudo de problemas de localização. É indispensável ter em conta a sua relação com os desafios da sustentabilidade, envolvendo nomeadamente problemas de impacto ambiental/alterações climáticas, questões relacionadas com o desemprego/vida decente de populações, interesses de natureza local versus interesses regionais e/ou nacionais, ... Nestas circunstâncias, têm sido criadas leis cada vez mais exigentes, quer por iniciativa da União Europeia, quer ao nível dos estados membros, requerendo a intervenção de autoridades nacionais e locais, nomeadamente, promovendo a realização de estudos de avaliação de impacto ambiental e a participação pública no processo de decisão. Os recentes desenvolvimentos metodológicos e tecnológicos têm permitido a criação de novas e mais poderosas ferramentas de Apoio à Decisão. Por exemplo, os Sistemas de Informação Geográfica permitem novas formas de manipulação e de apresentação de dados, particularmente relevantes nas ferramentas de apoio à decisão dedicadas a problemas espaciais, como é o caso da localização de equipamentos. Contudo, é claro que o uso das técnicas de IO está ainda longe de ter a relevância que seria desejável, tendo em vista uma maior transparência e efetividade nos processos de decisão. É preciso evoluir em diversos aspetos, sendo claro que modelos multicritério, em muitos casos dedicados ao apoio à decisão em grupo, ou mesmo à negociação, devem ser integrados em Sistemas de Apoio à Decisão interativos.



M. EUGÉNIA CAPTIVO

Faculdade de Ciências,
Universidade de Lisboa,
Centro de Matemática, Aplicações Fundamentais e Investigação Operacional
mecaptivo@fc.ul.pt



JOÃO CLÍMACO

INESC Coimbra,
Universidade de Coimbra
jclimaco@fe.uc.pt

“(…) TÊM SIDO CRIADAS LEIS CADA VEZ MAIS EXIGENTES (…) PROMOVENDO A REALIZAÇÃO DE ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL E A PARTICIPAÇÃO PÚBLICA NO PROCESSO DE DECISÃO”

Como é óbvio, a escolha de modelos e de ferramentas de apoio à decisão adequados depende do tipo de problema a que se destinam, sendo, portanto, muito relevante a caracterização/classificação dos problemas de localização a estudar. Os modelos clássicos de localização podem classificar-se de acordo com as características do espaço de soluções, e especificando o critério a otimizar. Em relação às características do espaço das soluções, consideram-se problemas de localização contínua, discreta, ou em rede. Em cada caso, pode ter-se em conta um número finito ou infinito de localizações potenciais para instalação. Talvez existam mais artigos científicos sobre mo-

delos de localização contínua, mas os modelos de localização discreta, em particular numa rede, têm maior interesse prático, pois os locais/pontos disponíveis para instalação de um equipamento não se estendem a todo o espaço das soluções, visto que há restrições a obedecer, em especial quando se trata de serviços com implicações ambientais. Mais ainda, em geral é necessário utilizar as estradas existentes para transportar o produto/serviço às comunidades ou clientes a servir. No que diz respeito à escolha do critério de otimalidade, Eiselt e Marianov [6] distinguem 3 tipos de modelos de localização: *minsum*, *minmax* e cobertura, dependendo da natureza das atividades e do equipamento a ser instalado. Estudos sobre o estado da arte podem, por exemplo, encontrar-se em [10].

A maioria dos modelos de localização trata de equipamentos ‘desejáveis’, como armazéns, centrais de transporte, serviços de emergência, etc. Nestes casos, os critérios de decisão típicos incluem a minimização de alguma função de distâncias entre os equipamentos instalados e as comunidades/clientes. É o que acontece em problemas de localização de serviços centrais (armazéns, escolas, ...). Quando se trata de localizar serviços de emergência (quartéis de bombeiros, esquadras de polícia, postos de ambulâncias...), é mais adequado otimizar o pior caso, ou seja, minimizar a maior distância/tempo de viagem entre as comunidade(s) e o(s) serviço(s) instalado(s) a que são afetadas. Em qualquer dos casos, podem ainda ser incluídos na função objetivo os custos de construção e/ou instalação dos serviços. O número de serviços a instalar pode, ou não, ser fixo e, algumas vezes existem restrições adicionais que complicam ainda mais o problema. Por exemplo, restrições de capacidade máxima e/ou mínima dos serviços, restrições na distância máxima a percorrer por cada utilizador, ou na distância mínima entre cada utilizador e o serviço instalado mais próximo, restrições ao investimento ou questões de hierarquização dos serviços. Nalguns tipos de serviço, o conjunto de localizações potenciais para os serviços ou equipamentos coincide com o conjunto de pontos a servir. É o que acontece, por exem-

plo, na localização de escolas para servir as crianças num conjunto de comunidades. Relacionado com os modelos anteriores está o problema de cobertura mínima de um conjunto, onde se pretende determinar o número mínimo de serviços, e a sua localização, garantindo uma distância máxima pré-fixada de qualquer ponto de procura ao serviço instalado mais próximo. Sucede frequentemente não ser possível instalar o número de serviços que constitui uma solução ótima do problema de cobertura mínima referido. Tenta-se então maximizar a população que pode ser servida dentro da distância ou tempo máximo pré-fixado, com um número limitado de serviços. Obtém-se assim o problema de cobertura máxima. Em certas situações, os utilizadores são servidos através de veículos que saem do serviço instalado, percorrem um conjunto de clientes distribuindo ou recolhendo produtos, e retornam ao serviço. Neste caso localizam-se os serviços minimizando os custos totais, incluindo os custos de instalação, os custos dos veículos e os custos das rotas a realizar para servir todos os clientes. Trata-se assim de combinar modelos de localização com modelos de distribuição.

Num número crescente de casos, os responsáveis pelo desenvolvimento global da área onde os novos equipamentos vão ser localizados (o governo central, as autoridades locais, ...), bem como os que lá vivem, têm vindo a mostrar um interesse crescente em preservar a qualidade de vida na área. Assim, novas palavras foram introduzidas na teoria da localização, tais como: nocivo, indesejável, semiobnoxio, perigoso, etc. Como exemplos de instalações indesejáveis, podemos mencionar: instalações nucleares e militares; equipamentos emissores de partículas ou ruídos, armazéns contendo materiais inflamáveis, depósitos de lixo ou resíduos; aterros, estações de esgotos, grandes aeroportos, ... O critério de otimalidade tradicional - proximidade (localizar o mais próximo possível dos clientes) é substituído pelo critério oposto (colocar o serviço tão longe quanto possível dos clientes, mas garantindo a acessibilidade adequada aos pontos de procura). Este procedimento está associado a uma síndrome comumente

designado por *NIMBY* (*Not - In - My - Back - Yard*). Frequentemente, a regulamentação governamental impõe: padrões mínimos de qualidade; níveis máximos de degradação; proibições absolutas.

Por fim, fazemos uma referência a alguns problemas específicos e a extensões dos modelos de localização. A saber:

- Uma dificuldade clássica refere-se ao problema da equidade, fator determinante para avaliar se uma alternativa é politicamente aceitável. Na localização dum equipamento "indesejável", que desencadeia a síndrome *NIMBY*, um dos critérios política e eticamente mais relevantes é a equidade relativamente à população. Mas medir a equidade está longe de ser simples, mesmo considerando apenas aspetos técnicos. Como fazem notar French *et al.* [9]: "A equidade não consiste apenas em definir uma distribuição justa do risco na população". A justiça em subpopulações – por exemplo, aldeias – também deve ser considerada. É, portanto, necessário introduzir o conceito de "equidade dispersiva".

- Os problemas de localização de *hubs*, diferem dos problemas clássicos no tipo de procura dos clientes e na função disponibilizada pelos serviços ou equipamentos. Aqui a procura do serviço está essencialmente associada aos fluxos entre os pares origem/destino, e os *hubs* a localizar são pontos intermédios nos caminhos entre esses pares origem/destino, que servem como entrepostos para consolidar o fluxo, permitindo reduzir o custo de transporte.

- Também não se pode ignorar que a maioria dos equipamentos vai funcionar durante grandes períodos de tempo, podendo quer a procura quer os custos variar ao longo do tempo. Os modelos de localização dinâmica são os mais adequados nestas situações. A abertura dos novos serviços poderá ser feita ao longo do tempo, e não apenas no início, também podendo existir serviços a ser encerrados durante o horizonte temporal em análise.

- Em geral, a procura no futuro não é conhecida com exatidão, só pode ser estimada. O mesmo acontece com o valor dos diversos parâmetros considerados nos problemas de localização: os custos fixos de instalação

dos novos serviços ou equipamentos, os custos fixos de encerramento de serviços ou equipamentos pré-existentes, os custos variáveis de funcionamento em cada período de tempo, a capacidade de cada serviço, os custos de satisfação da procura de cada comunidade ou cliente, ... Entra-se assim no mundo dos modelos que envolvem incerteza, havendo historicamente grande rivalidade entre os modelos estocásticos e os modelos baseados em cenários, sejam estáticos ou dinâmicos.

As questões ambientais nas abordagens para a localização de equipamentos indesejáveis têm sido formuladas como restrições ou abordadas através de um critério substituto (distância) numa estrutura monocritério. No entanto, está em causa uma série de objetivos conflituosos. Como afirmam Erkut e Neuman [7], não se pode esperar que modelos monocritério representem adequadamente problemas deste tipo. Modelar preocupações socio-ambientais como objetivos, por oposição a restrições, gerará mais e melhor informação relativamente a custos e outras implicações de natureza social/ambiental [5], propiciando maior transparência na obtenção dos compromissos necessários. Surpreendentemente, as ferramentas de apoio à decisão multiobjetivo/multicritério aparecem em número muito reduzido na literatura científica sobre localização de equipamentos indesejáveis.

Os modelos de localização multicritério que têm sido propostos refletem o desenvolvimento histórico da Análise Multicritério, podendo ser modelos de programação matemática ou multiatributo. Enquanto nos primeiros as alternativas são definidas implicitamente por restrições, permitindo explorar o carácter combinatório dos problemas, mas limitando o detalhe dos modelos, tendo em vista a sua operacionalidade computacional; as abordagens multiatributo permitem um estudo mais detalhado de um pequeno número de soluções conhecidas explicitamente, admitindo a consideração de mais critérios, podendo inclusivamente alguns deles serem de natureza qualitativa [11, 1]. Em contrapartida, são incapazes de tomar em consideração o carácter combinatório associado à maioria dos problemas. Assim,

mais do que formas alternativas de análise, em nossa opinião, são complementares. Por exemplo, Fernandes *et al.* [8] propuseram um sistema de apoio à decisão dedicado a um problema de localização de estações de tratamento de lixo no distrito de Setúbal. Uma primeira fase do estudo consistiu na utilização dum procedimento de programação matemática bicritério, integrando um interface gráfico, permitindo ao(s) agente(s) de decisão pesquisar, de forma progressiva e participativa, o conjunto das soluções não dominadas, conduzindo à seleção de um subconjunto de soluções consideradas satisfatórias. Numa segunda fase este subconjunto de soluções é escrutinado de forma mais detalhada, nomeadamente considerando uma família mais alargada de critérios, e utilizando um modelo multiatributo. Como

“OS MODELOS CLÁSSICOS DE LOCALIZAÇÃO PODEM CLASSIFICAR-SE DE ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS DO ESPAÇO DE SOLUÇÕES, E ESPECIFICANDO O CRITÉRIO A OTIMIZAR”

“SE NOS CINGIRMOS À REALIZAÇÃO MAIS OU MENOS ACRÍTICA DE ESTUDOS TÉCNICOS, PODEMOS ESTAR CERTOS DE QUE, MESMO QUANDO ESSES ESTUDOS SÃO DE ALTA QUALIDADE, NA MAIOR PARTE DOS CASOS, AS CONSEQUÊNCIAS SERÃO MUITO LIMITADAS”

se viu atrás, também neste caso estamos perante problemas de decisão em grupo e negociação, envolvendo aspetos psicológicos, sociológicos, cognitivos e políticos impossíveis de modelar matematicamente. Daí as vantagens de se utilizarem Sistemas de Apoio à Decisão abertos e participativos,

que permitem combinar de forma interativa a intervenção humana com o apoio à decisão computacional [3].

Terminamos com uma referência a uma questão de importância crescente nos processos de decisão, a participação pública. Começamos por discorrer brevemente sobre a articulação entre decisão política, relatórios técnicos e a participação pública. A participação pública e os estudos técnicos, assim como os pareceres e esclarecimentos dos peritos são da maior importância, pois, nestas circunstâncias, o Poder Político pode assumir as suas responsabilidades, devidamente informado, assumindo os riscos e suportando as possíveis incompreensões pelas suas decisões finais, com a legitimidade conferida pelo voto popular. Contudo, deve notar-se que a seriedade deste processo exige a criação prévia de condições adequadas à auscultação efetiva do público, propiciando uma reflexão crítica sobre o que está realmente em causa. Mas, isto só será possível se o público tiver ao seu dispor uma informação transparente e compreensível, nomeadamente suscitando a identificação dos prós e dos contras das alternativas em confronto. Munda [12] chama a nossa atenção para os princípios deontológicos que devem nortear os comportamentos de cientistas, técnicos e políticos nos processos de avaliação e decisão, não deixando de salientar que a participação da sociedade civil em nenhuma circunstância desresponsabiliza nem cientistas e técnicos, nem os políticos, das consequências das suas opções. Ape-

sar da razoabilidade destes pontos de vista ser do senso comum, a sua interiorização no funcionamento das nossas sociedades faz ainda o seu caminho, estando longe de ser um adquirido estável e coerente.

Em conclusão, reconhece-se que a IO tem profundas implicações cognitivas, sociais, políticas e éticas... Nestas circunstâncias, Roy procura superar as limitações da IO clássica, propondo a chamada “Ciência do Apoio à Decisão”, que corresponde a uma evolução recente da IO, ocupando uma posição de charneira entre a Matemática e várias Ciências Sociais. Em síntese, Roy [13] caracteriza assim os seus objetivos: “O apoio à decisão não tem por ambição estabelecer verdades objetivas... Quer dizer, o apoio à decisão não serve para descobrir verdades ocultas, mas essencialmente para contribuir para a construção de convicções individuais, de decisões coletivas, de compromisso entre racionalidades diversas, de valores múltiplos e muitas vezes conflituosos...”.

Em nossa opinião, os profissionais de IO têm a obrigação de se preocupar com o enquadramento do seu trabalho, nomeadamente exigindo a aplicação efetiva das leis que regulam os processos de decisão. Hoje em dia, em geral, a legislação é muito avançada, contudo a sua aplicação prática é duma debilidade confrangedora! Se nos cingirmos à realização mais ou menos acrítica de estudos técnicos, podemos estar certos de que, mesmo quando esses estudos são de alta qualidade, na maior parte dos casos, as consequências serão muito limitadas.

REFERÊNCIAS

- [1] Chen J., Wang J., Balezentis T., Zagurskaite F., Streimikiene D., & Makuteniene D. (2018). *Multicriteria Approach towards the Sustainable Selection of Teahouse Location with Sensitivity Analysis, Sustainability, MDPI, Open Access Journal* 10(8): 1-17.
- [2] Clímaco J. (2001). *Uma Reflexão Crítica da Decisão Ótima, Revista Crítica de Ciências Sociais* 59 (Texto da Oração de Sapiência realizada na Abertura Solene do ano lectivo na Universidade de Coimbra em 2000).
- [3] Clímaco, J., Fernandes S., & Captivo M.E. (2014). *A Discussion on the Role of Decision Support in a Location Analysis Case Study, In G. Phillips-Wren, S. Carlsson, A. Respício, P. Brézillon (eds.), DSS 2.0: Supporting Decision Making with New Technologies, Series Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, 26: 141-152, IOS Press.*
- [4] Cooper L. (1963). *Location-Allocation Problems, Operations Research* 11 (3): 331-343.
- [5] Current J., Min H., & Schilling D. (1990). *Multiobjective analysis of facility location decisions, European Journal of Operational Research* 49 (3): 295-307.
- [6] Eiselt H.A., Marianov V. (2011). *Foundations of Location Analysis, Springer, New York.*
- [7] Erkut E., & Neuman S. (1989). *Analytical models for locating undesirable facilities, European Journal of Operational Research* 40 (3): 275-291.
- [8] Fernandes S., Captivo M.E., & Clímaco J. (2014). *A DSS for Bicriteria Location Problems, Decision Support Systems* 57: 224-244.
- [9] French S., Halls E., & Ranyard D. (1997). *Equity and MCDA in the Event of a Nuclear Accident, in G. Fandel and T.Gal (eds), Multiple Criteria Decision Making, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* 448: 612-621, Springer, Berlin, Heidelberg.
- [10] Laporte G., Nickel S., & Saldanha da Gama F. (eds) (2015). *Location Science, Springer.*
- [11] Larichev O., & Olson D. (2001). *Multiple Criteria Analysis in Strategic Siting Problems, Kluwer Academic Publishers.*
- [12] Munda G. (2008). *Social Multicriteria Evaluation for a Sustainable Economy, Springer.*
- [13] Roy B. (1999). *Decision Aiding today: What should we expect, In Gal T., Stewart T.J., Hanne T. (Eds), Multiple Criteria Decision Making, International Series in Operations Research & Management Science* 21: 1-35, Springer, Boston, MA.
- [14] Weber A., (1909). *Über den Standort der Industrien Tubigen, traduzido para inglês como: Alfred Weber's Theory of the Location of Industries, University of Chicago, 1929.*

OTIMIZAÇÃO EM DOIS NÍVEIS MULTIOBJETIVO

A IMPORTÂNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE SOLUÇÕES PARA O APOIO À DECISÃO

OTIMIZAÇÃO EM DOIS NÍVEIS

Os modelos de otimização em dois níveis (*bilevel* - *BL*) permitem formular problemas que envolvem processos de decisão hierárquicos não cooperativos. Estes modelos têm as suas raízes na teoria dos jogos, tendo sido apresentados num contexto económico por Stackelberg na obra *Market Structure and Equilibrium* publicada em 1934. Por esta razão, a solução de um problema de otimização *BL* é muitas vezes chamada de equilíbrio de Stackelberg, embora estes problemas tenham sido introduzidos na comunidade de programação matemática cerca de 40 anos mais tarde. No modelo de Stackelberg há duas firmas (*líder* e *seguidor*) que competem na quantidade a produzir de um produto, tomando decisões sequenciais. A firma líder decide primeiro a quantidade que irá produzir, mas sabe que a firma seguidora observa a sua ação e irá responder tomando a opção que lhe dará o maior lucro face à decisão do líder.

Num modelo de otimização *BL*, o líder e o seguidor controlam diferentes variáveis e têm, em geral, funções objetivo conflituosas entre si, podendo estar sujeitos a restrições interdependentes. O problema de otimização de nível inferior está embutido nas restrições

do problema de nível superior. As decisões são tomadas sequencialmente: o líder seleciona valores para suas variáveis, restringindo as opções disponíveis para o seguidor; o seguidor reage, escolhendo uma solução que otimiza a sua função objetivo na região admissível restrita pelo líder. No entanto, o líder deve incorporar a reação do seguidor no seu processo de otimização, uma vez que esta afeta o valor da função objetivo de nível superior e, eventualmente, a admissibilidade da solução. Duas obras de referência para o estudo de problemas de programação *BL* são os livros [3] e [4], onde são apresentados resultados teóricos, algoritmos e aplicações. O artigo mais recente de Sinha, Malo and Deb [5] apresenta uma visão geral da otimização *BL*, incluindo uma revisão de abordagens clássicas e evolucionárias.

De uma forma genérica, um problema *BL* pode ser formulado de acordo com o seguinte modelo, em que x representa o vetor das variáveis controladas pelo líder e y o vetor das variáveis controladas pelo seguidor:

$$\begin{aligned} \max_{x \in X} \quad & F(x, y) \\ \text{s.a:} \quad & G(x, y) \leq 0 \\ & y \in \arg \max_{y \in Y} \{f(x, y) : g(x, y) \leq 0\} \end{aligned}$$

Os problemas de otimização *BL* são intrinsecamente difíceis, incluindo o caso linear. Uma propriedade bem conhecida é o facto de a solução ótima dum problema *BL* não ser, em geral, uma solução ótima de Pareto do problema bi-objetivo correspondente (problema em que as funções objetivo do líder e do seguidor são colocadas ao mesmo nível). A Fig. 1 ilustra esta propriedade num problema *BL* linear com duas variáveis: x é controlada pelo líder, y é controlada pelo seguidor e S é o conjunto de todas as restrições (não existindo, neste exemplo, restrições de nível superior $G(x, y) \leq 0$ que envolvam y). Para cada valor de x , o seguidor escolhe o valor de y que otimiza a sua função objetivo, $f(y)$. Assim, a região onde se localizam as soluções admissíveis do problema *BL* – habitualmente designada por *região induzida* – é



MARIA JOÃO ALVES

CeBER e Faculdade de Economia,
Universidade de Coimbra
mjalves@fe.uc.pt



CARLOS HENGGELER ANTUNES

INESC Coimbra,
Departamento de Engenharia Electrotécnica
e de Computadores,
Universidade de Coimbra
ch@deec.uc.pt

“NUM MODELO DE OTIMIZAÇÃO BL, O LÍDER E O SEGUIDOR CONTROLAM DIFERENTES VARIÁVEIS E TÊM, EM GERAL, FUNÇÕES OBJETIVO CONFLITUOSAS ENTRE SI”

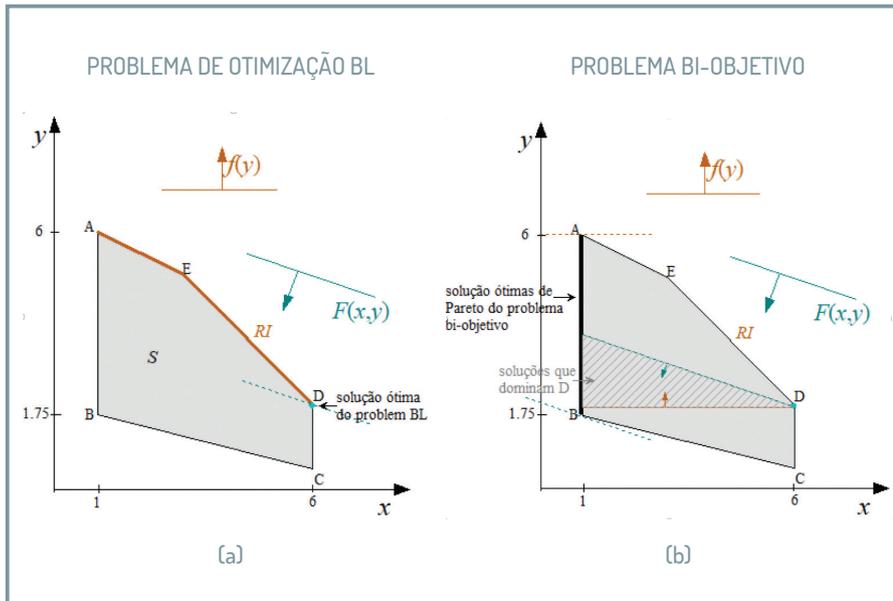


Fig. 1 – Solução ótima de um problema BL vs. soluções ótimas de Pareto do problema bi-objetivo

$RI = [AE] \cup [ED]$. A solução ótima do problema BL é a solução que maximiza $F(x,y)$ em RI , ou seja, o ponto D (Fig.1, a). As soluções ótimas de Pareto do problema bi-objetivo correspondente (definido pela maximização de $F(x,y)$ e $f(y)$ em S) situam-se no segmento de reta $[AB]$. A Fig.1 (b) mostra ainda o conjunto de todas as soluções admissíveis do problema bi-objetivo que dominam o ponto D. Estas soluções (representadas na área a tracejado) apresentam valores simultaneamente melhores nas duas funções objetivo relativamente à solução ótima do problema BL. Assim, se existisse cooperação entre o líder e o seguidor, os dois decisores poderiam ganhar.

No entanto, muitas situações práticas envolvem processos hierárquicos não cooperativos de tomada de decisão que podem ser modelados como problemas de otimização BL. Refira-se, por exemplo, problemas na área dos mercados de energia, planeamento de redes de transportes e gestão de tráfego e, de uma forma geral, problemas de definição de políticas de preços.

OTIMIZAÇÃO EM DOIS NÍVEIS MULTIOBJETIVO

Os problemas BL podem ter múltiplas fun-

ções objetivo no nível superior, no nível inferior ou em ambos os níveis:

$$\begin{aligned} & \max_{x \in X} \{F_1(x, y), \dots, F_k(x, y)\} \\ & \text{s.a.: } G(x, y) \leq 0 \\ & y \in \arg \max_{y \in Y} \{f_1(x, y), \dots, f_m(x, y) : g(x, y) \leq 0\} \end{aligned}$$

A existência de múltiplas funções objetivo no nível inferior ($m \geq 2$) acarreta dificuldades adicionais no processo de decisão, uma vez que, para cada decisão do líder, o seguidor tem à sua disposição um conjunto de soluções eficientes (ótimas de Pareto) que apresentam diferentes compromissos para os vários objetivos do problema de nível inferior. Não conhecendo as preferências do seguidor, pode ser muito difícil para o líder antecipar a reação do seguidor. O líder pode adotar uma atitude mais otimista ou mais pessimista, tendo em conta sua expectativa de que a decisão do seguidor lhe será mais ou menos favorável. Uma atitude otimista assume que a escolha do seguidor (de entre o seu conjunto eficiente para uma dada instanciação das variáveis de nível superior) é a melhor para o líder, enquanto uma perspe-

tiva pessimista pressupõe que a escolha do seguidor é a pior para o líder. Dentro desta classe de problemas, podem distinguir-se os que têm uma só função objetivo no nível superior ($k=1$), designados na literatura por problemas BL semivetoriais (BLSV), e os problemas BL multiobjetivo em ambos os níveis (BLMO).

A maior parte dos estudos feitos para este tipo de problemas assume uma perspetiva otimista. Na formulação otimista do problema BLSV, a intenção é calcular a solução que otimiza a função objetivo do líder assumindo que, para uma dada escolha x' , qualquer solução (x', y) que seja eficiente para o problema de nível inferior é aceitável para o seguidor e, por isso, o líder escolhe a que lhe for mais favorável. Nos últimos anos têm sido desenvolvidas abordagens clássicas e meta-heurísticas baseadas em populações para problemas BLSV, a grande maioria considerando este pressuposto. As abordagens clássicas incluem o uso das condições de Karush-Kuhn-Tucker (KKT), métodos de penalidade e técnicas de exploração de vértices no caso de problemas lineares. O primeiro tipo de abordagem envolve a agregação das funções objetivo do nível inferior através de uma função escalar (por exemplo, uma soma ponderada) e a substituição, quando tal é possível, do problema assim transformado pelas condições KKT. O segundo tipo consiste na resolução iterativa de um problema de programação não linear que aproxima o original (considerando também uma função escalar para o nível inferior), através de um método de função penalidade. Este método gera uma sequência de soluções aproximadas que, sob certas condições, convergem para a solução ótima. O terceiro tipo de abordagem baseia-se na propriedade de que a solução otimista de um problema BLSV linear se localiza num vértice da região definida por todas as restrições do problema. As meta-heurísticas desenvolvidas (em geral, algoritmos evolucionários, otimização por enxame de partículas e evolução diferencial) têm como intenção ultrapassar as dificuldades computacionais dos métodos exatos. No entanto, quando usadas para o cálculo de soluções do problema de nível inferior, estas abordagens podem conduzir a

“(…) SE EXISTISSE COOPERAÇÃO ENTRE O LÍDER E O SEGUIDOR, OS DOIS DECISORES PODERIAM GANHAR”

uma solução final não admissível para o problema BLSV. Na verdade, apenas soluções eficientes para o problema do nível inferior são admissíveis e, por isso, o cálculo de soluções aproximadas pode pôr em causa, não só a otimalidade, como a admissibilidade da solução do problema global.

A formulação otimista é mais fácil de tratar e, por isso, tem sido a mais abordada na literatura para problemas BLSV. Na formulação pessimista do problema BLSV a intenção é calcular a melhor solução para o líder de entre as piores (é um problema max-min), i.e., para uma dada escolha x' do líder, o seguidor escolhe a solução y' tal que (x', y') é eficiente e resulta no pior valor para a função objetivo do líder.

No caso dos problemas BLMO, a maior parte das abordagens propostas tem como intenção calcular soluções da fronteira de Pareto otimista de nível superior, utilizando geralmente meta-heurísticas populacionais para obter uma aproximação de toda a fronteira. Assume-se assim, novamente, que o seguidor aceita qualquer solução eficiente para o problema de nível inferior ou, de forma equivalente, o seguidor escolhe de acordo com as preferências do líder. São muito poucos os estudos que abordam a incerteza associada à decisão de nível inferior em problemas BLSV/BLMO. O conceito de pessimismo em programação BLMO não foi ainda claramente definido e pode não ser unânime. Alguns outros trabalhos assumem que as preferências do seguidor são conhecidas e podem ser expressas por uma função utilidade, reduzindo assim o problema BLSV/BLMO a um problema BL mono-objetivo ou

com múltiplas funções objetivo apenas no nível superior. Em [2] é apresentada uma visão geral dos principais conceitos e perspectivas de desenvolvimento em BLSV/BLMO.

É um facto que a formulação otimista tem sido também a mais estudada em problemas BL mono-objetivo. No entanto, a natureza das decisões a tomar neste caso é significativamente diferente do caso multi-objetivo. Em problemas mono-objetivo, a existência de várias respostas possíveis do seguidor resulta de soluções ótimas alternativas para uma única função objetivo, apresentando assim o mesmo valor para o objetivo do seguidor. Será, por isso, mais natural que o seguidor seja indiferente a essas alternativas ou possa ser influenciado pelo líder no sentido de tomar uma decisão que lhe seja mais favorável. No caso multi-objetivo, as soluções eficientes representam diferentes compromissos entre as várias funções objetivo do seguidor. A adoção de uma abordagem otimista por parte do líder presume que o seguidor é indiferente a todos esses compromissos, o que em geral não se verifica.

Veja-se um exemplo prático relativo à interação entre um comercializador de energia eléctrica e os consumidores num contexto de tarifas com preços variáveis no tempo (*time-of-use*). O comercializador (líder) define preços e tem como objetivo maximizar o seu lucro. Conhecendo os preços da energia eléctrica ao longo do dia (assumindo um ciclo diário), o consumidor (seguidor) pode escolher os períodos de funcionamento dos seus aparelhos de modo a estabelecer um compromisso entre a minimização da fatura da electricidade e a minimização do desconforto causado pela alteração do funcionamento dos aparelhos relativamente aos seus padrões habituais de consumo. Para uma dada configuração de preços, o consumidor tem à sua disposição um conjunto de opções que vão desde a solução eficiente de menor custo à solução eficiente de maior conforto. Numa perspectiva otimista do comercializador, o consumidor seria indiferente a todas essas soluções, podendo o comercializador considerar que o consumidor iria sempre escolher a solução eficiente de maior conforto (maior custo), uma vez que esta seria a es-

colha que mais beneficiaria o lucro do líder. Esta assunção é, contudo, irrealista na maior parte das situações práticas.

Neste contexto, o cálculo de diferentes tipos de soluções reveste-se da maior importância para apoiar o líder no processo de tomada de decisão, fornecendo-lhe informação sobre o risco vs. oportunidade que incorre ao tomar uma dada decisão. No caso dos problemas BLSV, é útil conhecer não só as soluções otimista e pessimista, como também outras soluções extremas que resultem de uma abordagem otimista “falhada” ou de uma abordagem pessimista “bem-sucedida”, ou ainda soluções intermédias.

Definimos solução *decepcionante* como o resultado obtido quando o líder adota uma atitude otimista na sua decisão mas a escolha do seguidor é a oposta à sua expectativa, sendo a pior opção para os interesses do líder. Pelo contrário, uma solução *recompensadora* resulta de uma abordagem pessimista em que a expectativa do líder é superada pelo melhor resultado possível: o líder é conservador na sua decisão e o seguidor escolhe a solução do seu conjunto eficiente que mais beneficia o líder. Estas duas soluções, juntamente com a otimista e a pessimista, formam um conjunto de quatro soluções *extremas* que estão ilustradas na Figura 2.

“(…) O CONHECIMENTO DE VÁRIOS TIPOS DE SOLUÇÕES PERMITE AVALIAR O IMPACTO DE DIFERENTES DECISÕES DO LÍDER EM PROBLEMAS EM QUE O SEGUIDOR TEM MÚLTIPLAS FUNÇÕES OBJETIVO”

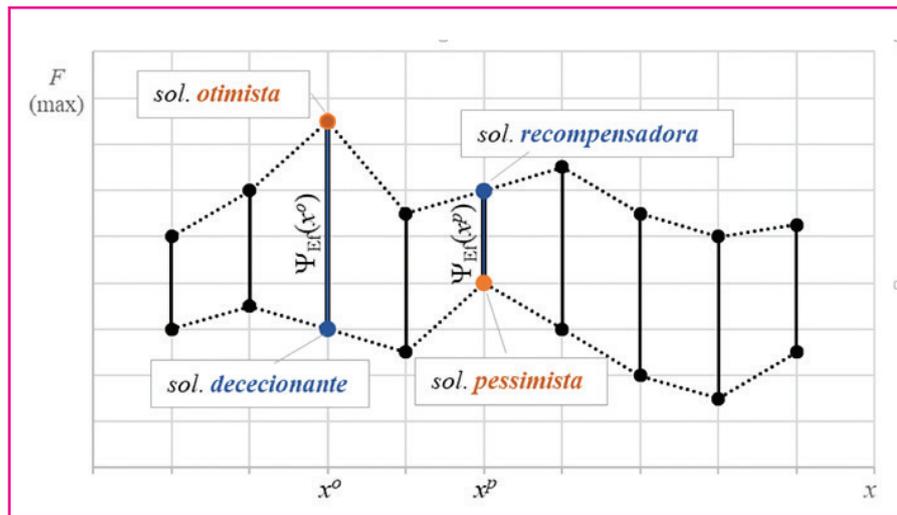


Fig. 2 – Ilustração das soluções extremas em problemas BLSV

A figura 2 mostra o valor da função objetivo do líder (F) para conjuntos de soluções eficientes do problema de nível inferior, $\Psi_{EF}(x)$ (segmentos de reta verticais), para diferentes valores de x . A curva tracejada superior representa as melhores soluções para o líder de entre as soluções eficientes do seguidor e a curva tracejada inferior representa as piores soluções. A solução otimista é o ponto com maior valor de F na curva superior e a solução *decepcionante* é o ponto na curva inferior com o mesmo x . A solução pessimista é o ponto com maior valor de F na curva inferior e a solução *recompensadora* é o ponto na curva superior com o mesmo x .

APLICAÇÃO NA DEFINIÇÃO DE TARIFAS DINÂMICAS DE ELETRICIDADE

Atualmente as tarifas de eletricidade para consumidores residenciais são, em geral, tarifas simples ou bi-horárias definidas pelos comercializadores de energia elétrica para

períodos longos (por exemplo, um ano). No entanto, se os consumidores tiverem acesso a tarifas dinâmicas dentro de limites contratados (i.e., preços variáveis ao longo do dia e anunciados com pouco tempo de antecedência) haverá um maior incentivo para que alterem os seus padrões de consumo, tirando partido da flexibilidade de muitas utilizações finais da energia elétrica. Do ponto de vista de um comercializador, o problema que se coloca é: como definir tarifas dinâmicas de modo a maximizar o seu lucro. O comercializador pretende determinar preços de venda da eletricidade (em que poderá refletir para o consumidor as condições de aquisição) mas terá de ter em conta a reação dos consumidores aos preços anunciados. Os consumidores podem tirar partido da flexibilidade que têm na gestão dos seus aparelhos. O comercializador quer maximizar o lucro da venda da eletricidade, dentro do quadro regulatório, e os consumidores que-

rem minimizar os custos e maximizar o conforto. Existe uma relação hierárquica entre o comercializador e os consumidores, dado que o comercializador define primeiro os preços e os consumidores reagem em seguida, adoptando os padrões de consumo que lhe são mais favoráveis face aos preços variáveis no tempo.

Este problema foi tratado usando um modelo BLSV, para o qual foram calculadas diferentes soluções, incluindo as quatro soluções extremas [1]. O problema de nível inferior é um problema de programação inteira-mista bi-objetivo, com funções lineares após cada instanciação dos preços (variáveis de nível superior). Foi desenvolvida uma abordagem híbrida que combina um algoritmo genético para a exploração do problema de nível superior com um *solver* exato para a resolução de problemas escalares substitutos que agregam as funções objetivo de nível inferior. A análise das quatro soluções extremas evidenciou a importância de se dispor de informação sobre intervalos de resultados possíveis para diferentes opções do líder. Por exemplo, para o caso particular estudado, percebeu-se que a adoção de uma abordagem otimista não incorria num risco muito elevado quando comparada com uma abordagem pessimista porque, se essa opção falhasse, o pior resultado obtido (solução *decepcionante*) não seria muito pior do que a solução pessimista. Além disso, se fosse bem sucedida (solução otimista), o comercializador obteria o maior lucro possível de entre todas as soluções. No entanto, as conclusões podem ser bem diferentes em outros casos de aplicação e o conhecimento de vários tipos de soluções permite avaliar o impacto de diferentes decisões do líder em problemas em que o seguidor tem múltiplas funções objetivo.

REFERÊNCIAS

- [1] Alves, M. J., & Antunes, C. H. (2018). A semivectorial bilevel programming approach to optimize electricity dynamic time-of-use retail pricing. *Computers and Operations Research*, 92, 130–144.
- [2] Alves, M. J., Antunes, C. H. & Costa, J. P. (2019). Multiobjective Bilevel Programming: Concepts and Perspectives of Development. In Doumpos, M. et al. (eds) *New Perspectives in Multiple Criteria Decision Making: Innovative Applications and Case Studies*. Cham: Springer International Publishing, 267–293.
- [3] Bard, J. (1998). *Practical Bilevel Optimization: Algorithms and Applications (Nonconvex Optimization and Its Applications)*. Dordrecht: Kluwer Academic.
- [4] Dempe, S. (2002). *Nonconvex Optimization and Its Applications*. Dordrecht: Kluwer Academic.
- [5] Sinha, A., Malo, P., & Deb, K. (2018). A Review on Bilevel Optimization: From Classical to Evolutionary Approaches and Applications. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 22(2), 276–295.

SUSTAINABLE NETWORK REDESIGN

A CASE OF FOOD AID DISTRIBUTION

In the European Union (EU), annually around 20% of the total food production is wasted along the food supply chain, with an estimated cost of €143 billion [13]. Concurrently, 109.2 million people in the EU (21.7% of the population) are at risk of poverty or social exclusion [6], of which 43 million people cannot afford a quality meal every second day [4]. The co-existence of food insecurity and food waste is a paradox that is addressed by many public, private and third sector actors. Among the latter, food banks (FBs) play an active role in reducing food insecurity and promoting the sustainability of the food supply chain. In the EU, a network of 421 FBs, distributed across 24 countries (including Portugal), provided 781,000 tonnes of food to 45,700 charitable organisations for the benefit of 9.3 million people in 2018 [5].

In Portugal, the *Federação Portuguesa dos Bancos Alimentares contra a Fome* (FPBA) coordinates a network of 21 FBs, which served 2,543 charitable agencies (e.g. non-profit community and governmental agencies) in 2018. The latter supported more than 346,000 people [7].

FBs operate under the *triple bottom line* framework by pursuing economic goals (e.g. cost containment), environmental goals (e.g. reduction of food waste) and social goals (e.g. provision of the best food assistance possible to the population in need). Even though the economic dimension cannot be ignored, FBs as well as other third sector institutions place greater importance on environmental and social concerns, as opposed to profit-oriented organisations.

“FOOD BANKS SUPPLY CHAINS FACE NUMEROUS PLANNING PROBLEMS AT DIFFERENT DECISION LEVELS (STRATEGIC, TACTICAL AND OPERATIONAL)”

OPERATIONAL RESEARCH (OR) AND FOOD AID DISTRIBUTION

FB supply chains face numerous planning problems at different decision levels (strategic, tactical and operational). Variants of the vehicle routing problem arise both in the collection of food products from donors and in the distribution of the donated food to charities [1, 3]. Routing applications in the food aid context often include metrics that go beyond economic performance, such as equity measures (i.e. achieve a fair distribution of donated food items among the recipients served by a vehicle) and effectiveness (i.e. minimise waste through maximising the amount of distributed donations to the population in need).

The design of vehicle routes can also be combined with facility location decisions, giving rise to location-routing problems. In this case, location decisions involve opening intermediate sites that receive food donations from one or several FBs. These satellite locations (also called *food delivery points* (FDPs), [2]) serve as pick-up points, where agencies receive food products [2, 11, 12]. This approach is particularly important for agencies located in remote parts in the service area since long and costly trips to an FB can thus be avoided. Performance measures include the minimisation of the travel costs of FB vehicles to FDPs and the minimisation of the inconvenience of the agencies. The latter objective is measured by the sum of the travel cost incurred to each agency to the assigned FDP, and can be seen as a surrogate for the environmental and social impacts of the location and routing decisions. Another problem arising at the tactical planning level regards the allocation of food donations received by an FB to charitable agencies taking into account the specific dietary requirements of each institution and addressing equity objectives [10].

At the strategic planning level, research on the design of FB supply chain networks is rather limited [8]. This is possibly explained by the fact that often an FB supply chain network is not designed according to a strategic planning process, but it rather emerges from operational decisions and occasionally identified donation opportunities (e.g. warehouse space, equipment for handling food items). FBs operate with limited resources, which depend primarily



CARLOS L. MARTINS

Universidade de Lisboa,
Instituto Superior de Economia e Gestão,
Centro de Matemática Aplicada à Previsão
e Decisão Económica
carlos.martins@createbusiness.pt



M. TERESA MELO

Saarland University of Applied Sciences,
Business School,
Institute for Supply Chain
and Operations Management,
Saarbrücken, Germany
teresa.melo@htwsaar.de



MARGARIDA VAZ PATO

Universidade de Lisboa,
Instituto Superior de Economia e Gestão,
Centro de Matemática, Aplicações
Fundamentais e Investigação Operacional
mpato@iseg.ulisboa.pt

“OR CAN MAKE AN IMPORTANT CONTRIBUTION TOWARDS IMPROVING THE PERFORMANCE OF THIS PARTICULAR TYPE OF [FOOD AID] SUPPLY CHAINS”

on donations and volunteer work. Therefore, it is critical that they are managed in an efficient and effective way in order to secure the largest possible amount of food donations and reach as many needy people as possible. OR can make an important contribution towards improving the performance of this particular type of supply chains. As shown in [8, 9], supporting the redesign of an existing network of FBs by using OR techniques yields multiple benefits such as cost savings and enhanced environmental and social outcomes.

REDESIGN OF A FOOD BANK SUPPLY CHAIN NETWORK

Figure 1 illustrates the main stakeholders involved in the network of FBs studied in [8, 9], and which is based on the main features of the FPBA. Each FB operates a warehouse where food donations are received, inspected for quality, sorted, stored and eventually prepared for delivery to agencies. The warehouses vary in size, layout, storage capacity and available equipment. At each facility, up to three families of products can be stored (dry, fresh and cold products), with each family requiring specific storage and refrigeration conditions. Food donations are secured from a variety of sources (e.g. wholesalers and supermarkets) and usually delivered to FBs. Occasionally, FBs collect donations using their own fleet of vehicles. FBs also receive financial donations

and use them to make food purchases that supplement material donations. Charities travel to a designated FB to receive food items. The latter are, in turn, distributed to individuals and families experiencing food insecurity or used to prepare and serve meals. Unfortunately, the FPBA is unable to serve all agencies seeking food assistance. As a rule, each new charity joins the group of agencies awaiting to be supported.

A comprehensive mixed-integer linear programming (MILP) model is proposed in [8, 9] to redesign a network of FBs that is already in place (Fig. 1). The problem involves defining a schedule for opening new FBs, closing existing FBs, expanding storage and transport capacities at operating facilities, setting the flows of different food products from donors to FBs and among FBs, and assigning charities to FBs over a multi-period planning horizon. Location and logistics decisions must take into account a number of requirements under a triple bottom line perspective, such as:

- If the storage or transport capacity of an existing FB is expanded at some time period then the FB cannot be closed.
- If a new FB is opened then storage capacity

is also installed for at least one of the three product families. Capacity is chosen from a finite set of available capacity levels.

- At most one storage area can be installed per product family in a specific location over the planning horizon.
- The purchase of vehicles by an FB to collect food donations for a particular product family is only allowed if that family is stored in that facility. Moreover, different types of vehicles (see Fig. 1) may be purchased by an FB for the same product family in a period.
- Location and capacity expansion decisions are covered by a given budget in each period. FBs cannot be temporarily closed and reopened.
- Agencies that are already supported by FBs must continue to be served. Moreover, agencies in the waiting list may eventually receive food assistance. In both cases, the demand for individual food products may not be fully satisfied in each period. However, a pre-specified minimum level of assistance must be guaranteed to all agencies assigned to an FB. In addition, the distance travelled by an agency to an FB cannot exceed a given route length limit.

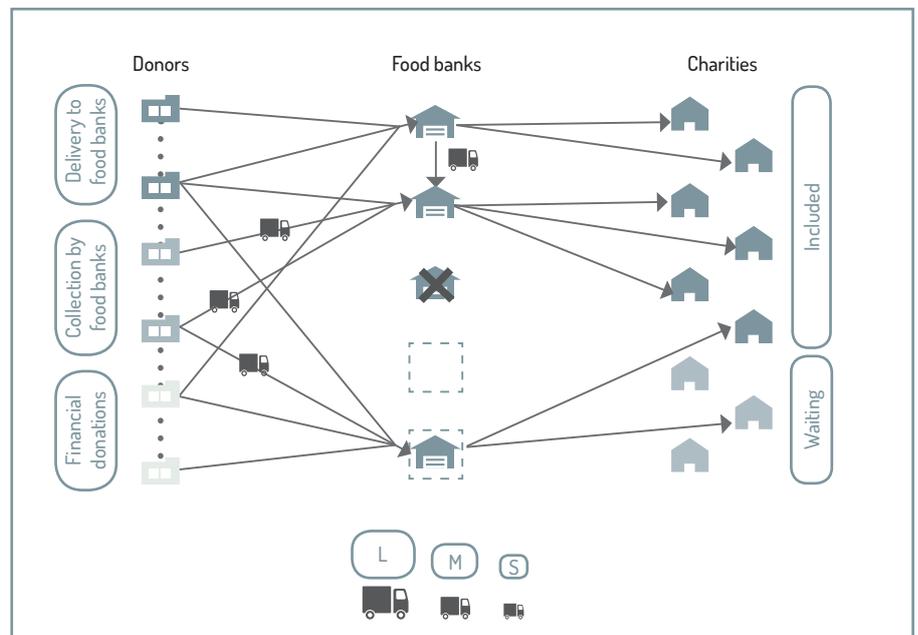


Fig. 1 – General representation of an FB supply chain network

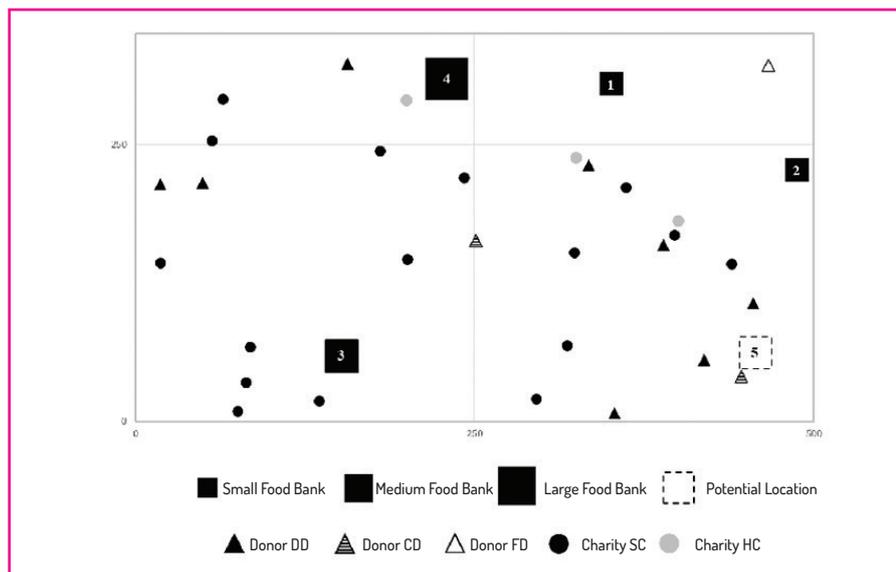


Fig. 2 – Regional network in the south of Portugal

ACCOUNTING FOR ECONOMIC, ENVIRONMENTAL AND SOCIAL CONCERNS

The three dimensions of sustainability are represented in the MILP model by three objective functions. Economic measures include the total administrative cost to support agencies, the total cost for operating storage areas and handling products at FBs, and the total cost associated with unused transport capacity. Revenues are obtained through unspent financial donations. The environmental objective function minimises the total value of food waste and CO₂ emissions caused by FB vehicles. The social objective function includes different metrics that value the social role played by the FBs such as the total number of charities in the waiting list that start to receive food assistance, the value of the social work created by engaging volunteers, the equitable distribution of food products to agencies, and the proximity of charities to the assigned FBs. Clearly, cost-efficiency, environmental sustainability and social equity are conflicting objectives.

To investigate the trade-offs achieved by these objectives, a computational study was carried out by randomly generating a set of instances that reflect the characteristics of the network operated by the FPBA in the south of Portugal. Historical data provided by the FPBA were

used and complemented with data from official sources whenever the values of specific parameters were unavailable. Due to the large number of organisations involved in the supply chain, data were aggregated, resulting in 10 donors and 19 agencies (16 are already supported by the FPBA (SC) and three are waiting to be served (HC), Fig. 2). The four FBs operating in southern Portugal account for one-third of the total area covered by the FPBA in mainland Portugal. One potential site for opening a new FB was selected in an area with a relatively high proportion of population requiring food assistance. In total, 20 instances were created, each having a five-period planning horizon, but differing in the locations of donors and agencies, available food donations and volume of demand per type of food item.

Using general-purpose optimisation software, lexicographic ordering was employed to obtain a set of Pareto optimal solutions. Depending on the objective that is ranked the highest, so-called economic, environmental or social-centric lexicographic solutions (LS) are obtained. Even though these solutions reflect “extreme” situations, they provide useful insights to evaluate the impact of policy changes towards a more economic, environmental or social-oriented design of the food aid supply chain.

“THE NEW CHALLENGES POSED BY TAKING A HOLISTIC VIEW OF THE SUPPLY CHAIN THROUGH THE INTEGRATION OF ECONOMIC, ENVIRONMENTAL AND SOCIAL ASPECTS WILL CONTRIBUTE TO THE DEVELOPMENT AND ADVANCEMENT OF MODELS AND TECHNIQUES”

FEATURE	ECONOMIC-CENTRIC SOLUTIONS	ENVIRONMENTAL-CENTRIC SOLUTIONS	SOCIAL-CENTRIC SOLUTIONS
Changes in network structure	medium	high	low
Level of food assistance	low	medium	high
Use of financial donations	low	medium	high
Level of food waste	high	medium	low
CO ₂ emission cost	high	low	high
Investment effort	medium	high	low
Social work value creation	low	high	high

Table 1 – Main features of lexicographic solutions

Table 1 summarises the trade-offs achieved between the three criteria. Economic-centric solutions exhibit the poorest environmental and social performances whereas the social-centric solutions have the lowest levels of food waste and unsatisfied demand. Interestingly, favouring the environmental objective results in the most balanced solutions (see [8, 9] for a detailed analysis). Compared to the LS, the strategy adopted by the FPBA to manage its food bank network favours the social dimension, which is a natural strategic positioning for a social economy organisation. However, the

computational study also identifies additional opportunities for improving the sustainability performance of the food aid supply chain.

For large-scale instances, the computational burden required by lexicographic ordering becomes prohibitively expensive. In this case, three decomposition-based heuristics proved to be effective in identifying good solutions for instances based on the national network managed by the FPBA [8].

OUTLOOK

In the impossibility of eliminating food waste

completely from food supply chains, FBs contribute to increasing the sustainability of the food system by redistributing surplus food to people in need. Their role will continue to be relevant in the transition to a circular economy. In the past years, food aid and other humanitarian supply chains have received increasing attention from the OR community. The new challenges posed by taking a holistic view of the supply chain through the integration of economic, environmental and social aspects will contribute to the development and advancement of OR models and techniques.

REFERENCES

- [1] Balcik, B., Iravani, S., & Smilowitz, K. (2014). *Multi-vehicle sequential resource allocation for a non-profit distribution system*. *IIE Transactions*, 46, 1279–1297.
- [2] Davis, L., Sengul, I., Ivy, J., Brock III, L., & Miles, L. (2014). *Scheduling food bank collections and deliveries to ensure food safety and improve access*. *Socio-Economic Planning Sciences*, 48(3), 175–188.
- [3] Eisenhandler, O. & Tzur, M. (2019). *The humanitarian pickup and distribution problem*. *Operations Research*, 67(1), 10–32.
- [4] European Commission (2019). *The fight against food waste: Where are we now?* Available at: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/fs_eu-actions_fwm_qa-fight-food-waste.pdf.
- [5] European Food Banks Federation (2019). <https://www.eurofoodbank.org/>.
- [6] Eurostat (2019). *News release 158/2019*, available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/10163468/3-16102019-CP-EN.pdf/edc3178f-ae3e-9973-f147-b839ee522578>.
- [7] Federação Portuguesa dos Bancos Alimentares contra a Fome (2019). <https://www.bancoalimentar.pt>.
- [8] Martins, C.L. (2018). *Redesign of a sustainable food bank supply chain*. PhD Thesis, Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG), Universidade de Lisboa, Portugal.
- [9] Martins, C.L., Melo, M.T., & Pato, M.V. (2019). *Redesigning a food bank supply chain network in a triple bottom line context*. *International Journal of Production Economics*, 214, 234–247.
- [10] Martins, I., Guedes, T., Rama, P., Ramos, J., & Tchemisova, T. (2011). *Modelling the problem of food distribution by the Portuguese food banks*. *International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimisation*, 2, 313–341.
- [11] Reihaneh, M. & Ghoniem, A. (2018). *A multi-start optimization-based heuristic for a food bank distribution problem*. *Journal of the Operational Research Society*, 69(5), 691–706.
- [12] Solak, S., Scherrer, C., & Ghoniem, A. (2014). *The stop-and-drop problem in nonprofit food distribution networks*. *Annals of Operations Research*, 221(1), 407–426.
- [13] Stenmarck, A., Jensen, C., Quedsted, T., & Moates, G. (2016). *Estimates of European food waste levels*. Technical report, EU Project - Food Use for Social Innovation by Optimising Waste Prevention Strategies (FUSIONS), available at: <http://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/EstimatesofEuropeanfoodwastelevels.pdf>.

UM PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DINÂMICA CONSIDERANDO INCERTEZA NO TEMPO DE PREPARAÇÃO DOS SERVIÇOS

O intervalo de tempo que decorre entre o *momento* em que é tomada a decisão de abrir um determinado serviço no futuro, e o *momento* em que aquele serviço passa a estar operacional (apto para aceitar clientes, por exemplo), exige o cumprimento de um conjunto de atividades que irão certamente consumir recursos, incluindo o próprio tempo, e que podem levar ao atraso na construção/preparação do serviço: aquisição de propriedades, construção de infraestruturas, preparação de recursos humanos e materiais, por exemplo.

A problemática do atraso na construção de projetos tem sido alvo de investigação [1, 2, 3], mas não tem merecido ainda a atenção devida na área da Localização, em particular nos modelos de localização dinâmica (aqueles que contemplam explicitamente a dimensão temporal dos problemas). Na verdade, na maioria dos modelos de localização dinâmica que encontramos na literatura, as variáveis de decisão de localização são usualmente variáveis binárias que sinalizam se se irá ou não abrir determinado serviço em determinado período temporal. Adicionalmente, caso se decida pela abertura de um dado serviço em determinado período de tempo, é habitual assumir-se que os clientes podem começar desde logo a fazer uso do serviço. E se, chegados ao período de tempo planeado, o serviço ainda não estiver pronto? O atraso na preparação de um serviço terá, obviamente, consequências negativas. Irá ser necessário reorganizar a afetação da procura existente pelos serviços que estão operacionais, com os inevitáveis impactos em termos de custos, sendo mesmo possível que os serviços já existentes não tenham capacidade suficiente para acolher toda a procura.

MODELO

Em [7] propomos um modelo de localização dinâmica que considera explicitamente a incerteza no tempo de preparação dos serviços. Pensamos ser a primeira vez que esta questão é tratada na literatura. Para cada potencial serviço, consideramos um conjunto finito de cenários possíveis para o tempo de preparação do mesmo. A decisão de abrir (ou não) um determinado serviço no futuro é assim enriquecida com informação acerca de possíveis atrasos na disponibilidade desse serviço.

O modelo proposto é uma extensão de um trabalho anterior [8], onde já eram contempladas outras fontes de incerteza (custos fixos e variáveis, bem como procura), representadas por cenários. Alargamos a sua aplicabilidade a uma situação ainda mais realista: a possibilidade de ocorrerem atrasos na preparação dos serviços. Propomos um modelo estocástico de duas fases para o problema de localização simples (sem restrições de capacidades). As primeiras decisões a serem tomadas são as estratégicas, onde e quando localizar os serviços, mais precisamente onde e quando se deve iniciar a construção dos serviços, ao longo do horizonte temporal. Sublinhamos que o tempo entre o início da construção e a disponibilidade do serviço é incerto. As decisões de segunda fase referem-se à afetação dos clientes (com procura) apenas aos serviços operacionais ao longo do horizonte temporal, para todos os cenários possíveis. Ao contrário das decisões de localização, tomadas no presente e válidas para todos os futuros possíveis, as decisões de afetação podem ser tomadas após a realização da incerteza e ajustadas em cada período temporal a cada cenário. O objetivo do problema é encontrar a solução que minimize o custo total esperado para todos os cenários possíveis. Sujeito a um conjunto de restrições, destacamos neste texto aquelas que impõem a afetação de cada cliente, em cada cenário, apenas a serviços cuja preparação esteja efetivamente terminada nesse ce-

“(…) PROPOMOS UM MODELO ESTOCÁSTICO DE DUAS FASES PARA O PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO SIMPLES (SEM RESTRIÇÕES DE CAPACIDADES). AS PRIMEIRAS DECISÕES A SEREM TOMADAS SÃO AS ESTRATÉGICAS (…). AS DECISÕES DE SEGUNDA FASE REFEREM-SE À AFETAÇÃO DOS CLIENTES (…)”



MARIA DO CÉU MARQUES

Instituto Superior
de Engenharia de Coimbra,
INESC Coimbra
cmarques@isec.pt



JOANA DIAS

Faculdade de Economia
da Universidade de Coimbra,
CeBer, INESC-Coimbra
joana@fe.uc.pt

nário. Numa situação limite, em que todos os serviços apresentem tempos de preparação maiores do que zero, o modelo não garante a afetação de todos os clientes logo no primeiro período temporal. Em termos práticos, isto significa que existe já pelo menos um serviço operacional no início do horizonte temporal, ou que as restrições que garantem a satisfação da totalidade da procura apenas são consideradas em períodos posteriores ao primeiro.

TÉCNICA/ALGORITMO

Para o cálculo de soluções, propomos uma heurística primal-dual, tendo em conta a eficiência já comprovada desta abordagem em problemas de localização [4, 5, 6, 8, 9]. Os procedimentos da heurística (dual ascendente, primal e de ajustamento) são desenhados de modo a reduzir progressivamente o *gap* de dualidade entre os valores das funções objetivo dos problemas dual e primal. Sendo gerados limites inferiores e superiores para a solução ótima, a qualidade da solução obtida pode ser sempre avaliada, o que se apresenta como uma vantagem relativamente à utilização de outras abordagens como metaheurísticas. Os procedimentos foram adaptados à incorporação da nova fonte de incerteza. Desde logo, a seleção dos serviços candidatos a abrir terá de ter em conta que, caso se inicie a construção de um serviço num determinado período temporal, aquele terá de estar operacional quando for necessário. Adicionalmente, e ao contrário de versões anteriores, a decisão de onde e quando localizar os serviços não determina de imediato o momento a partir do qual é possível afetar clientes a serviços; é preciso ter em conta que um mesmo serviço pode estar operacional num dado período de tempo num dado cenário, mas não operacional para esse mesmo período de tempo num outro cenário.

EXPERIÊNCIAS COMPUTACIONAIS

O modelo e o algoritmo foram testados com instâncias geradas aleatoriamente, considerando várias dimensões para os conjuntos dos cenários, períodos de tempo, potenciais serviços e clientes. O procedimento de geração de instâncias é similar ao apresentado em [8], em termos de geração das redes (nodos, potenciais localizações dos serviços e clientes, e custos). Adicionalmente, foi usada a distribuição PERT (um caso particular da distribuição Beta) na geração aleatória dos tempos de preparação dos serviços.

Após a realização de alguns testes preliminares, observámos que a magnitude dos tempos de preparação dos serviços tem uma clara influência nas soluções geradas e na *performance* dos algoritmos (qualidade das soluções e tempos computacionais). Assim, considerámos dois conjuntos de problemas teste, diferenciados apenas na magnitude do tempo de preparação de cada potencial serviço: tempos mais curtos ou tempos mais longos de preparação (para o horizonte temporal considerado).

Como seria expectável, o valor da função objetivo é sempre maior quando é considerado o tempo de preparação mais longo. Este aumento no custo total corresponde a um aumento nos custos de afetação e a uma diminuição nos custos fixos, mas também sinalizámos instâncias em que ambos os custos aumentam. As instâncias com tempos de preparação mais longos também apresentam menos serviços operacionais.

Em termos de qualidade das soluções e tempos computacionais, a heurística revelou-se bastante eficiente. Foi capaz de calcular as soluções ótimas, ou quase ótimas, em todas as instâncias. O CPLEX, cujos resultados comparámos com os da heurística, apresenta

“A OPÇÃO DE IGNORAR A INCERTEZA NESTES TEMPOS [TEMPOS DE PREPARAÇÃO DOS SERVIÇOS], EM VEZ DE ASSUMIR DE FORMA EXPLÍCITA, PODE LEVAR, DE FACTO, A CUSTOS MAIS ELEVADOS”

dificuldades nas instâncias de maior dimensão (falta de memória). Para as instâncias de maiores dimensões, ambos os algoritmos apresentam melhores resultados quando considerados tempos de preparação mais longos, em particular o CPLEX que consegue resolver mais instâncias deste conjunto.

VALOR DA SOLUÇÃO ESTOCÁSTICA

Comparámos os custos associados às soluções geradas pelo modelo estocástico e os custos associados às soluções geradas por um modelo que considera tempos de preparação não nulos mas deterministas. A opção de ignorar a incerteza nestes tempos, em vez de a assumir de forma explícita, pode levar, de facto, a custos mais elevados. No entanto, esta comparação deve ser bastante cautelosa, uma vez que o ganho da solução estocástica é altamente dependente dos dados, especialmente dos custos e, obviamente, da magnitude e variabilidade dos tempos de construção. Este assunto continuará a ser alvo da nossa atenção, em novos modelos com outras características, nomeadamente considerando restrições de capacidades.

REFERÊNCIAS

- [1] Al-Momani, A. H. (2000). *Construction delay: a quantitative analysis*. *International Journal of Project Management*, 18(1), 51–59.
- [2] Arantes, A., da Silva, P., & Ferreira, L. (2015). *Delays in construction projects-causes and impacts*. 2015 *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)*, 1105–1110.
- [3] Assaf, S. A. & Al-Hejji, S. (2006) *Causes of delay in large construction projects*. *International Journal of Project Management*, 24(4), 349–357.
- [4] Bilde, O. & Krarup, J. (1977). *Sharp Lower Bounds and Efficient Algorithms for the Simple Plant Location Problem*. *Annals of Discrete Mathematics*, 1, 79–97.
- [5] Dias, J., Captivo, M., & Clímaco, J. (2007). *Efficient primal-dual heuristic for a dynamic location problem*. *Computers & Operations Research*, 34(6), 1800–1823.
- [6] Erlenkotter, D. (1978). *A Dual-Based Procedure for Uncapacitated Facility Location*, *Operations Research*, 26(6), 992–1009.
- [7] Marques, M. & Dias, J. (2019). *Dynamic Facility Location Problem with Stochastic Setup Times*. in *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2019. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 11621, Springer, Chan, 183–198.
- [8] Marques, M. & Dias, J. (2013). *Simple dynamic location problem with uncertainty: a primal-dual heuristic approach*. *Optimization*, 62(10), 1379–1397.
- [9] Van Roy, T. J. & Erlenkotter, D. (1982). *A Dual-Based Procedure for Dynamic Facility Location*. *Management Science*, 28(10), 1091–1105.

O SÓCIO N.º ... 1126

Quando me convidaram para escrever um texto para esta rubrica, de forma diplomática, tentei esquivar-me. A razão é simples – não tenho qualquer vocação para este género de texto. Mas, como a diplomacia também não é o meu forte, aqui estou e tentarei dar o meu melhor, prometo!

Para quem provém de uma gravidez que é diagnosticada como uma hepatite, a vida até que tem sido muito boa. Tal como este, outros equívocos me acompanharam até à minha chegada à Investigação Operacional (IO). Ora vejamos, tudo começou com o ingresso no curso de Economia, com o propósito convicto de defender a revolução de abril, situação assaz comum na minha geração. Acontece que economia não era mesmo a minha praia e, para além disso, a razão da escolha foi esmorecendo... Reverter o caminho seria muito complicado pois, fruto da época, a convicção era tamanha que as escolhas feitas no secundário obrigavam a voltar três anos para trás. Somando o atual, que ficaria perdido, acabou por ser evidente que a alternativa de acabar o curso (de Economia) com uma nota razoável seria, numa análise de custo benefício (sempre se aprende a dizer estas coisas), a opção certa. E foi assim que fiz um curso de cinco anos em Economia-Planeamento.

Um copo a meio, tal como as nossas vidas, pode sempre ser observado por duas perspetivas: a meio cheia ou a meio vazia. Também é sabido que tudo melhora quando se escolhe a primeira e foi nessa metade que me reencontrei, ao deparar com matérias tais como as lecionadas nas cadeiras de Econometria, Estatística, Otimização, Economia Matemática e a própria Matemática. A sorte também tem a sua quota parte e sorriu-me! No ano em que terminei a licenciatura foi homologado no ISE (Instituto Superior de Economia, designação à época) um mestrado em Matemática Aplicada à Economia e à Gestão e, além disso, foi aberto concurso para assistentes estagiários para o então núcleo de matemática do ISE.

No ano letivo de 1983/84, comecei a dar aulas no ISE e a frequentar a parte escolar do mestrado. Quando a vida começou a tomar um rumo da docência sempre pensei que Econometria seria a minha área de eleição. Contudo, por razões que a razão conhece, a tese foi em IO. Confesso que, do tema proposto, relaxação lagrangeana, conhecia zero. O termo relaxação era apelativo e

langrangeana teria a ver com Lagrange, e tinha. Nesta altura, a palavra relaxação ganhou toda uma conotação diferente. E lá consumi todo o prazo, incluindo as duas licenças de parto a que tinha direito para estudar e escrever "O problema do caixeiro viajante classificado e simétrico: heurísticas e relaxações". E foi assim que fiz parte do grupo das caixeiras viajantes e dei os primeiros passos na IO, que não mais abandonei.

Comecei o doutoramento em 1990 e, por motivos pessoais, no ano seguinte interrompi com uma viagem de longa duração que me levou a Macau, um novo equívoco! Nada de novo, os ovos todos no mesmo cesto e, no fim, a razão que me levou a tal empresa esfumou-se.

A estadia perdurou sete anos (sete anos com um horizonte anual, seria mais correto). Como sempre o copo continua com as suas duas metades, na cheia há o desafio pedagógico de ensinar IO a alunos com uma cultura completamente distinta, o entendimento do significado do conceito de cultura europeia por contraste, consequência de viver uma experiência em que muito do que damos por adquirido na realidade pode ser questionado.

Contudo, quando regresso, deparo-me com o doutoramento no ponto -7. Tenho uns aninhos escassos para o fazer, exigência para continuar na carreira docente, e uns aninhos já não tão escassos de idade.

Depois de várias peripécias fui aceite como orientanda à experiência (qualidade que se manteve até à data da defesa, ...). Talvez o facto de no início ter infetado o computador do orientador com um vírus asiático não tenha sido alheio a essa condição...

O trabalho proposto era muito interessante. O mapa de um condado inglês estava subdividido em 496 povoamentos, em cada um dos quais habitavam algumas espécies de borboletas (de um conjunto de 45 espécies) que se pretendia proteger. O propósito era desenhar uma reserva, isto é, seleccionar um subconjunto de povoamentos capaz de assegurar a preservação das 45 espécies. A racionalidade económica aconselhava que o número de povoamentos devia ser tão pequeno quanto possível, por outro lado, por imperativo da biologia da conservação não só todas as 45 espécies deviam estar representadas (uma cobertura das espécies) como também a reserva devia ser uma zona contígua (um conjunto de povoamentos conexo). Um



LEONOR ALMEIDA SANTIAGO PINTO

Departamento de Matemática,
Instituto Superior de Economia e Gestão
lspinto@iseg.utl.pt

problema fácil de enunciar, mas difícil de resolver, como convém. Claro que pelo meio também houve os seus espinhos, mas, no final, o saldo é francamente positivo, e a vários níveis. Um dos aspetos que aprecio é ter aprendido que nestas coisas também existe uma estética, palavra de orientador...

Dos bichos aos lixos foi tão rápido que nem me lembro como pôde acontecer. Explicando melhor, atualmente tenho desenvolvido trabalho na identificação de rotas, em problemas com procuras nos arcos, motivados pela organização da recolha de resíduos domésticos porta-a-porta. O tema é interessante e vem acompanhado de uma sorte que raras vezes se tem – a integração numa equipa que partilha muito para além da ciência, que se sintoniza que nem uma sinfonia. Na sequência dos lixos, e com a mesma equipa, surge o desenho de rotas para a recolha de valores. Uma promoção não só porque o produto de recolha é bem mais cheiroso, mas também pelos condicionalismos que impõe nas rotas, nomeadamente uma certa imprevisibilidade por motivos de segurança.

Para finalizar, resta-me agradecer a todos os colegas que comigo se cruzaram. Como todos sabemos um caminho faz-se caminhando, e é sempre melhor caminhar bem acompanhado e a olhar para o lado certo do copo.

EVENTOS REALIZADOS

Prémio APDIO - FCT NOVA

Pelo décimo ano consecutivo, foi atribuído o Prémio APDIO - FCT NOVA ao melhor aluno de Investigação Operacional da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNL. Este Prémio foi constituído com parte dos lucros do IO2009 - 14.º congresso nacional da APDIO, que decorreu na FCT NOVA. O Prémio relativo ao ano letivo de 2018/19 foi atribuído a Bárbara Co-trim Rodrigues da Licenciatura em Matemática. O Diploma e cheque correspondentes ao Prémio foram entregues na Sessão Comemorativa do 42.º Aniversário da FCT NOVA, em novembro passado.

Sessão conjunta APDIO-SPE

No passado dia 8 de novembro de 2019 decorreu, no XXIV Congresso da Sociedade Portuguesa de Estatística, uma sessão organizada pela APDIO e SPE, onde foram apresentados interessantes trabalhos científicos que interligam a Estatística com a Investigação Operacional. Os temas variaram desde a programação estocástica para o roteamento de veículos, a simulação e otimização para gestão de stocks, até à profundidade de Tukey - uma generalização do conceito de quantil que permite visualizar dados multivariados ou mesmo medir a importância de um vértice dentro de um grafo. A sessão decorreu na belíssima sala de jogos do Hotel Casa da Calçada em Amarante e teve como objetivo uma aproximação destas duas sociedades científicas portuguesas.

Teses de Doutoramento

Autor: Filipe Manuel Gonçalves Rodrigues
 Título: Inventory Routing under Uncertainty
 Instituição: Universidade de Aveiro
 Programa Doutoral em Matemática Aplicada
 Data da conclusão: outubro de 2019
 Orientadores: Cristina Requejo e Agostinho Agra

A APDIO tem, novamente, um sócio mais citado no mundo



O Matemático Delfim Fernando Marado Torres, Professor no Departamento de Matemática da Universidade de Aveiro, Coordenador do Centro de Investigação e Desenvolvimento em Matemática e Aplicações (CIDMA) e sócio n.º 731 da APDIO, ganhou o título de "Highly Cited Researcher" pela quarta vez. A lista "Highly Cited Researchers 2019", elaborada pela norte-americana Clarivate Analytics, distingue 6216 cientistas de cerca de 60 países, dos quais 10 trabalham em Portugal e 90 são Matemáticos. O ranking, disponível em <https://recognition.webofsciencegroup.com/awards/highly-cited/2019/>, abrange o período 2008-2018 e incide apenas sobre os artigos altamente citados, que representam 1% do que se publica no mundo por ano. Delfim Fernando Marado Torres é o único Matemático Português e o único Investigador da Universidade de Aveiro a possuir tal distinção no seu curriculum e recebe-a, em 2019, pela quarta vez, depois de já ter sido distinguido em 2015, 2016 e 2017. Os países mais representados no ranking de 2019 são os EUA (44% do total), a China (10%) e o Reino Unido (8%). Há 23 Prémios Nobel incluídos e a Universidade de Harvard, nos EUA, lidera no volume de cientistas (203).

EVENTOS A REALIZAR

ISOLDE XV e EWGLA XXVI

14 a 19 de junho de 2020
 Hamburgo e Timmendorfer Strand, Alemanha
 Mais informações em
<https://www.mathematik.uni-kl.de/opt/ISOLDE2020>

IFORS 2020

21 a 26 de junho de 2020
 Coex, Seoul, Coreia
 Mais informações em <http://www.ifors2020.kr/>

OPTIMIZATION 2020

27 a 29 de julho de 2020
 Universidade de Aveiro
 Mais informações em <http://optimization2020.web.ua.pt/>

Workshop em Robust Optimization 2020

De 30 a 31 de julho de 2020 vai decorrer no Departamento de Matemática da Universidade de Aveiro a terceira edição do Workshop on Robust Optimization. As duas edições anteriores ocorreram em Avignon em 2018, e em Siegen em 2019. Mais informação pode ser encontrada em <https://www.lirmm.fr/users/utilisateurs-lirmm/michael-poss/wro>. Este encontro ocorre imediatamente após o Optimization 2020.



Associação Portuguesa de Investigação Operacional
 Departamento de Engenharia e Gestão
 Instituto Superior Técnico
 Av. Rovisco Pais, 1
 1049-001 Lisboa, Portugal
apdio@civil.ist.utl.pt



<http://apdio.pt/home>
<https://www.facebook.com/APDIO.PT/>
<https://www.linkedin.com/groups/2871069/>

BOLETIM
 APDIO

Equipa Editorial
 Eliana Costa e Silva
eos@estg.ipp.pt
 Rui Borges Lopes
rui.borges@ua.pt

Design
 Inês Assis
inesassis.design@gmail.com
 Impressão
 Gráfica Pacense, Lda.
 Tiragem 325 exemplares