

BOLETIM APDIO 43

2º Semestre de 2010

Editores:
Ana Camanho
Bernardo Almada-Lobo

EDITORIAL

O futuro da Investigação Operacional em Portugal é um assunto que preocupa certamente todos os leitores deste Boletim. A necessidade de leccionar uma base sólida nesta área científica nos cursos de ensino superior, bem como a capacidade de utilizar os métodos e técnicas de IO de uma forma consistente e eficaz nas empresas são exemplos de temas que motivaram a APDIO a promover uma reflexão sobre os desafios da IO em Portugal para a próxima década. Neste Boletim, o leitor encontrará na secção de notícias um breve resumo das conclusões a que se chegou no "workshop IO: Que Desafios para 2010-2020", organizada pela APDIO. Como é essencial conhecer a nossa história para melhor lidar com os desafios do futuro, pedimos ao Rui Guimarães, um dos nossos mais ilustres membros da APDIO, que se aposentou no dia 1 de Janeiro de 2011, para nos contar um pouco da história da IO em Portugal através de episódios vividos no seu percurso profissional. O que nos ensinou e no que se empenhou será sempre por nós lembrado e seguido como exemplo orientador do nosso percurso profissional. As secções seguintes deste Boletim são dedicadas ao sector da energia e comunicações. Na secção "Técnicas de IO", o Luís Gouveia, Pedro Patrício e Amaro de Sousa descrevem modelos de Programação Linear Inteira para dimensionamento de redes de telecomunicações. A "Entrevista" com Ferreira de Oliveira transmite-nos a forma como a IO é encarada pelo actual presidente da GALP. Na secção "IO em acção", o Manuel Matos e Jorge Pereira descrevem uma colaboração de sucesso entre uma empresa (EFACEC) e um instituto de investigação (INESC Porto). Segue-se a "IO em Portugal", na qual se apresentam duas unidades de I&D ligadas à IO: o grupo de investigação em Optimização, Teoria dos Grafos e Combinatória (OTGC) do Centro de I&D em Matemática e Aplicações da Universidade de Aveiro, e o CESUR, do Instituto Superior Técnico. Nesta secção incluímos ainda um texto do José Fernando Oliveira sobre o ensino da IO em Portugal, promovendo uma reflexão sobre este tema, que beneficiará de um workshop organizado pela APDIO em Fevereiro de 2011. A parte final do Boletim divulga notícias recentes sobre a actividade dos sócios, bem como contribuições individuais recebidas durante o 2º semestre de 2010. Este espaço passou a ser designado por "Blog dos Sócios" e conta nesta edição com um artigo de José Rui Figueira sobre os desafios da IO em Portugal para a próxima década. Também são divulgados prémios recebidos pelos associados da APDIO e projectos aprovados no último concurso da FCT e na call MIT-Portugal.

Ana Camanho
Bernardo Almada-Lobo

03

ARTIGO DE OPINIÃO

IO: Uma Longa Experiência de Vida
Rui Guimarães

05

TÉCNICAS DE IO

Dimensionamento de Redes de Telecomunicações Multi-Camada:
Modelos de Programação Linear Inteira
Luís Gouveia, Pedro Patrício e Amaro de Sousa

08

ENTREVISTA

Manuel Ferreira de Oliveira

09

IO EM ACÇÃO

A Unidade de Sistemas de Energia do INESC Porto e a EFACEC
Manuel Matos e Jorge Pereira

11

IO EM PORTUGAL

OPTIMIZAÇÃO, TEORIA DOS GRAFOS E COMBINATÓRIA - Grupo do Centro de Investigação e Desenvolvimento em Matemática e Aplicações, Universidade de Aveiro
CESUR - Centro de sistemas urbanos e Regionais
O ENSINO DA IO EM PORTUGAL
José Fernando Oliveira

15

BLOG DOS SÓCIOS

A IO em Portugal: Que desafios para a próxima década
José Rui Figueira

WORKSHOP IO: QUE DESAFIOS PARA 2010-2020?



Foi um Sábado muito agradável passado na Quinta das Lágrimas. Boa disposição, ótimo almoço, discussões acesas, valiosa participação de profissionais de diversas empresas, inputs interessantíssimos de muitos actores da Investigação Operacional em Portugal. O workshop promovido pela APDIO foi um sucesso.

O exercício de pedir a especialistas da "Ciência para melhor decidir" para reflectirem sobre o trajecto trilhado pela APDIO nos últimos 32 anos e perspectivarem as oportunidades e as ameaças para a década em curso valeu a pena. Culminou com a identificação de um conjunto de áreas de intervenção e propostas de acção concretas com vista a alavancar a presença da IO em vários sectores de actividade.

Um dos pontos fortes da nossa associação, evidenciado pelo Valadares Tavares, tem que ver com o seu ADN. A constituição da APDIO contemplou um conjunto de "instruções genéticas" que têm norteado o seu funcionamento. Este ADN, aliado ao mérito das Direcções da APDIO e dos seus Presidentes, tem contribuído para o desenvolvimento sustentado da IO em Portugal. Destacam-se o espírito de cooperação e partilha entre vários associados (networking), o pragmatismo e a orientação ao problema, a interdisciplinaridade e transversalidade da sua intervenção (tão bem patente pela variedade de áreas de aplicação, de interfaces com outras áreas científicas e heterogeneidade dos seus actores) e, finalmente, a internacionalização (sob a forma de parcerias com associa-

ções congéneres e organização de eventos internacionais), que tem possibilitado o intercâmbio científico e técnico.

Um olhar mais atento aos objectivos da APDIO contemplados no Artigo 2º dos seus Estatutos (www.apdio.pt/files/estatutos_APDIO.pdf) permite concluir que estão claramente alinhados com o ADN da Associação, e que de uma maneira geral têm sido cumpridos.

No entanto, convém realçar que a IO tem pela frente desafios significativos, desde a captação de alunos à promoção da IO nas empresas. Será necessário ultrapassar o efeito do Processo de Bolonha, melhorar a disseminação da IO nos meios académico e empresarial, e lidar com o clima de escassez e contenção orçamental que vigorará no país esta década, e que dificultará a captação de financiamento.

No encontro em Coimbra houve convergência quanto a linhas de actuação que deverão ser exploradas no futuro próximo. Ao nível da cooperação entre as universidades e as empresas na área da IO, o seu reforço poderá passar por encontros de *brainstorming* com empresas (que deverão ser materializados em pré-estudos ou *proof-of-concepts*, e beneficiar de programas de incentivo adequados), pela divulgação da IO entre os executivos das empresas, pelo apoio à captação de talentos em IO por parte das empresas, e pela criação de um portal de intermediação avançada entre universidades e empresas. A promoção da IO como "ciência para melhor decisão" poderá ser alavancada por um novo livro de casos de aplicação da IO, e por estratégias de marketing mais consistentes, que clarifiquem a área de actuação e competências dos profissionais de IO. No meio académico, uma proposta muito acarinhada no workshop foi a criação de um 3º Ciclo em IO, que congregue várias universidades. Também foi considerado prioritário desenvolver esforços para que futuros concursos da FCT venham a contemplar a área de IO.

Muito há a fazer para levar a cabo algumas das iniciativas apresentadas. Para tal, e mais uma vez, a APDIO conta com a resiliência e empenho de todos os seus associados.

Ana Camanho
Bernardo Almada-Lobo

EVENTOS ORGANIZADOS PELA APDIO

Congresso APDIO IO 2011,

18 a 20 Abril, 2011

Departamento de Matemática - Faculdade de ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
www.inescc.pt/io2011

Workshop sobre o Ensino da Investigação Operacional

25 Fevereiro, 2011

Hotel Quinta das Lágrimas, Coimbra
Comissão Organizadora: José Fernando Oliveira, Pedro Oliveira, João Patrício
www.ccc.ipt.pt/~apdio/EnsinolO

Workshop IO na Robótica

30 Março, 2011

Hotel Quinta das Lágrimas, Coimbra
Comissão Organizadora: Helder Araújo e Joaquim Júdice
Organização conjunta da APDIO e do ISR-Coimbra
www.ccc.ipt.pt/~apdio/RoboticalO

Curso (Semi)Definitely The Future!

Formador: Miguel Anjos, Canadá

9 Maio, 2011

Hotel Quinta das Lágrimas, Coimbra
www.ccc.ipt.pt/~apdio/CursoSDP

Workshop em Bio-Optimização: Técnicas de Optimização Aplicadas à Biologia

25 Junho, 2011

Hotel Quinta das Lágrimas, Coimbra
Luís Gouveia, Pedro Coimbra Martins, Marta Mesquita, André Valente
Organização conjunta da APDIO e do CIO da Universidade de Lisboa
www.ccc.ipt.pt/~apdio/OptComb

CONGRESSOS APOIADOS PELA APDIO

Winter School on Network Optimization

17 a 21 de Janeiro 2011

Hotel Sana, Estoril
<http://netopt2011.fc.ul.pt>

VII ALIO/EURO Workshop on Applied Combinatorial Optimization

4 a 6 de Maio 2011

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
www.dcc.fc.up.pt/ALIO-EURO-2011

Summer Course and Workshop on Optimization in Machine Learning

31 Maio a 7 Junho 2011

The University of Texas at Austin, Austin, Texas, USA
www.ma.utexas.edu/colab/Summer2011

Optimization 2011

24 a 27 de Julho 2011

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa
www.fct.unl.pt/optimization2011



IO: UMA LONGA EXPERIÊNCIA DE VIDA

Rui Guimarães

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Departamento de Engenharia Industrial e Gestão

A primeira regra a satisfazer por alguém que escreve um texto é a de conhecer a mensagem que quer transmitir (ou que lhe pediram para transmitir) e os seus destinatários (que, pelo menos implicitamente, ficam definidos pela publicação onde o texto será inserido).

Comecemos pela segunda parte, onde tudo parece ser mais simples: o texto dirige-se à comunidade da Investigação Operacional (IO), com particular ênfase para os académicos, que constituem a vasta maioria dos seus leitores potenciais. Com um pouco de atenção, percebe-se, no entanto, que a simplicidade na definição do alvo é apenas aparente. De facto, mesmo entre académicos apenas, pode efectuar-se, sem grande esforço, a diferenciação entre subgrupos com grande heterogeneidade: com base na idade e no estágio de evolução na carreira académica, na natureza dos grupos onde se integram, e, *last but not the least*, nas maiores ou menores preocupações de cada um no sentido de converter o seu conhecimento em valor económico ou social (ou seja, de, verdadeiramente, inovar).

Relativamente à mensagem, do pedido que me foi efectuado retive o seguinte: que o meu testemunho sobre a IO poderia ser útil na medida em que transmitisse a colegas mais novos (que agora são quase todos...) a forma como a ela terá contribuído para formatar (desejavelmente para melhor) a minha vida profissional.

Também aqui, me é difícil isolar o efeito da experiência em IO num longo percurso de quarenta anos também

marcado, de uma forma definitiva, por cinco anos dedicados ao projecto mecânico e seis à promoção da inovação empresarial. Apesar de tudo se misturar, naturalmente em graus distintos – sendo-me muitas vezes difícil distinguir entre relações de causa-efeito e meras correlações – farei seguidamente uma tentativa de identificar algumas das características próprias da minha formação em IO e da sua influência na condução de uma vida profissional envolvendo, em grau significativo, a necessidade de contribuir para a identificação, a estruturação e a resolução de problemas concretos de decisão.

Relativamente ao meu contacto com a IO, creio que será interessante começar pelo princípio. Quando, em 1974-75, ponderei estudar Gestão de Empresas no estrangeiro, rapidamente fui convencido de que, do ponto de vista dos financiadores, (a) Gestão de Empresas não era uma “verdadeira” área científica, merecedora de apoio através da concessão de bolsas de estudo, (b) o mesmo não sucedia com a IO, por ser considerada uma subárea da Matemática (dedicada ao desenvolvimento de modelos para apoio de processos de decisão) e (c) eu, como engenheiro, não estava nas melhores condições para me candidatar a prosseguir uma carreira nesta área. Estas dificuldades iniciais – já então, como agora, completamente destituídas de sentido – tiveram de ser ultrapassadas. Daí me ficou a primeira lição: para se conseguir algo que se deseja e em que realmente se acredite é preciso lutar por isso, mesmo que com adaptações.

Um dos projectos de aplicação da IO no domínio dos transportes colectivos urbanos, para cujo arranque contribuí há mais de vinte cinco anos, tem constituído – não por mérito meu, no qual não participo desde há muito – uma ilustração perfeita da necessidade de empenho permanente naquilo em que se acredita. Tal projecto prossegue ainda hoje, sob a forte liderança de um colega que nele participa quase desde início e nele se empenharam já muitos outros, que se associaram a equipas de investigação oriundas de outras instituições universitárias, se organizaram em torno de uma *startup* e, sobre uma matriz de base comum ao planeamento das operações, se esforçam permanentemente com o objectivo de definir novos problemas cujas soluções respondam a necessidades das empresas de transportes urbanos e dos seus clientes. Para além da resiliência que este exemplo atesta, importa também destacar dois factos que, complementando-se, são exemplares: o elevado número de mestrados e doutoramentos que tiveram lugar no decurso deste projecto e, simultaneamente, o contributo deste para alterar radicalmente – naturalmente para melhor – a qualidade do planeamento de viaturas, tripulações, horários e formas de comunicação das empresas com os seus utentes.

Depois deste parêntesis, voltarei atrás à minha ida para Inglaterra onde tive a oportunidade de fazer um mestrado e um doutoramento em IO. Uma vez aterrado numa prestigiada universidade, onde tive o privilégio de ser colega daquela que veio a ser uma Grande personagem da nossa comunidade da IO e que infeliz-

mente já não está entre nós – a Isabel Themido – progressivamente me dei conta que muito mais do que técnicas e modelos, a IO era método. Método que permitia seleccioná-los com critério, em particular com preocupações de relevância. E que tão importante como a selecção de técnicas e de modelos era a própria estruturação e representação dos problemas, envolvendo:

- a identificação do sistema em análise, da sua fronteira, das suas ligações com o exterior e das interacções entre as componentes que o integram;
- a adopção de uma visão sistémica (pelo menos parcialmente) partilhada do problema, incluindo a especificação de objectivos, parâmetros ou variáveis incontrolláveis e variáveis controláveis (estabelecendo, de uma forma sempre artificiosa, mas útil, a separação entre diferentes graus de controlo das variáveis afectando a qualidade das soluções do problema em causa);
- a vantagem para os decisores, particularmente em situações de grande complexidade, de se apoiarem em formas de representação gráfica (frequentemente dinâmica) da evolução do sistema para diferentes configurações deste.

E, desde que me ausentei de uma intervenção activa em IO, muitos foram os métodos disponibilizados ou significativamente melhorados para auxiliar a estruturação dos problemas, desde o apoio à conceptualização sistémica dos problemas (por exemplo, recorrendo a formas sofisticadas de definição e representação dos componentes do sistema em análise e das interacções entre elas) até à simplificação e explicitação de processos de negociação, sempre necessários nas situações envolvendo grupos de decisores.

Nas técnicas e nos modelos matemáticos os progressos têm sido igualmente assinaláveis, ao ponto de muitos deles se tornarem – pelo menos para mim – quase irrecognhecíveis no seu conteúdo, na sua forma ou mesmo no seu potencial. Embora os notáveis progressos registados na capacidade computacional tornem, em certos domínios, o recurso a tais modelos ou técnicas inultrapassável (o que sucede, por exemplo, em muitos problemas de natureza combinatória ou em problemas que, devido à sua complexidade, reclamam o uso de ferramentas de simulação visual interactiva para o correcto entendimento do impacto de soluções alternativas), há que reconhecer – com modéstia – que, noutros domínios, os modelos formais ainda se encontram longe de ter uma grande utilidade prática.

Em qualquer caso, aprendi com a experiência – e com o apoio de muitas vezes que, embora pouco ouvidas, eram manifestamente avisadas – que o método vem sempre à frente e que os modelos e as técnicas se lhe seguirão apenas e quando para eles houver lugar.

E terá sido no arranque da COTEC Portugal que tive uma das evidências mais claras deste conceito simples da IO (mas frequentemente pouco popular entre aca-

démicos). A COTEC tinha sido criada como associação empresarial para a promoção da inovação, reunindo cem associados entre as maiores empresas operando no País. Tendo sido convidado para dirigir este projecto, confesso que, à partida, tinha muitas dúvidas sobre quais poderiam e deveriam ser as áreas de intervenção potencial da COTEC (tal era o número de organizações – sobretudo públicas – que estavam já no terreno).

Pois, antes de entrar ao serviço e enquanto reunia os quadros mais seniores que comigo partilhariam a condução da COTEC nos anos seguintes, propus ao meu presidente da Direcção que nos juntássemos com um conjunto de elementos externos à associação para, no decurso de pouco mais de um mês, definirmos uma estratégia de actuação da COTEC e convertémos esta estratégia num conjunto de linhas de acção concretas. Para explicitarmos tais linhas recorremos tão só ao método do *Balanced Scorecard*, que não pode ser visto senão como um método de apoio à estruturação dos objectivos estratégicos de uma organização e da sua conversão em acções concretas (mensuráveis e susceptíveis de permitirem a avaliação de quem as propõe ou implementa). De entre as linhas de acção assim definidas – sem o recurso a qualquer técnica específica, apenas pela simples razão de que ele não se revelou necessário – as que recolheram maior apoio por parte dos associados corresponderam aos primeiros anos de vida da COTEC. Se viveu bem ou mal, não me compete a mim pronunciar-me. Mas uma coisa é certa: com propósitos claros, com meios em linha com as metas a atingir e com uma grande transparência nos seus processos de avaliação.

Para além das questões metodológicas ou técnicas associadas à minha formação em IO, não posso deixar de me referir, para concluir, a outro tipo de questões não menos importantes: as que se associam aos critérios de conduta profissional.

Aprendi muito com colegas que, perante mim, exibiram comportamentos que traduziam qualidades que sempre quis adquirir ou reforçar: refiro-me, por exemplo, a humildade, responsabilidade, tranquilidade ou fiabilidade. Naturalmente, também aprendi tentando evitar comportamentos exibidos por outros, reflectindo, por exemplo, irresponsabilidade, arrogância ou necessidade de se porem em bicos de pés. Como sucederá com a maioria de todos nós, fui sempre impressionado por comportamentos muito positivos ou muito negativos. E, como muito do que estou a referir se passou na comunidade da IO, a ela fico a dever uma parte significativa desta componente do meu processo de aprendizagem.

De tudo isto resulta, para cada um de nós, um esforço permanente para encontrar todos os dias um equilíbrio adequado entre a afirmação firme daquilo em que se acredita profundamente e, dentro dos limites que a ética nos impõe, o respeito pela diferença, traduzida na aceitação de divergências de estilo, de opinião ou até de prioridades.

Creio que a qualidade que, ao longo da minha vida profissional, mais fui desejando adquirir com o exemplo dos outros foi a modéstia. Tenho a noção de que nem sempre o consegui e só o terei feito sobretudo em situações em que adoptei a interpretação que uma colega neozelandesa de doutoramento tinha do conceito quando dizia que só tinha três qualidades: beleza, inteligência e modéstia...

Voltando a um tom mais sério, neste caso foi apenas o entendimento de que a escrita deste texto constituía uma forma discreta de me despedir da comunidade de IO, à qual tive orgulho e o gosto de pertencer, que me levou a aceitar o convite dos editores para escrever estas linhas. Despeço-me então assim de todos, com tranquilidade.



DIMENSIONAMENTO DE REDES DE TELECOMUNICAÇÕES MULTI-CAMADA: MODELOS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA

Luís Gouveia, Departamento de Estatística e Investigação Operacional, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa

Pedro Patrício, Departamento de Matemática, Universidade da Beira Interior

Amaro de Sousa, Instituto de Telecomunicações, Universidade de Aveiro

Resumo

As redes de núcleo dos operadores de telecomunicações usam actualmente a tecnologia *WDM*, na sua camada de rede, por lhes permitir uma maior flexibilidade no encaminhamento do tráfego de modo a obter, entre outras vantagens, um dimensionamento mais eficiente dos recursos da rede. Por outro lado, a tecnologia *WDM* é muito popular, na camada física da rede, por permitir elevadas capacidades de transmissão em cada fibra óptica através da multiplexagem, em comprimento de onda, de múltiplos fluxos de dados. Actualmente, as redes *MPLS* sobre *WDM* são uma das soluções mais usadas para redes de núcleo e o seu dimensionamento permite obter soluções de menor custo explorando de forma combinada a utilização de recursos em ambas as camadas protocolares. Este artigo apresenta um modelo de programação linear inteira para o problema de dimensionamento seguinte: dada uma topologia da rede *WDM* e uma matriz de tráfego a suportar, o dimensionamento consiste na determinação conjunta da localização dos *routers MPLS* e do planeamento dos canais ópticos *WDM* que minimizam o custo total da rede. Consideram-se restrições de nível físico, na distância máxima do percurso de cada canal óptico, e restrições de nível de rede, no número máximo de saltos de encaminhamento. De seguida, o artigo apresenta os resultados recentemente obtidos relativamente a algumas variantes do problema de dimensionamento definido por este modelo.

Palavras-Chave — Dimensionamento de Redes, Modelos de Programação Linear Inteira, Telecomunicações

1. Introdução

As modernas redes de núcleo dos operadores de telecomunicações baseiam-se na tecnologia *MPLS* (*Multi-Protocol Label Switching*) por permitir ultrapassar algumas dificuldades das tecnologias anteriores quando o operador tem de fornecer o transporte de informação com Qualidade de Serviço. O *MPLS* organiza a rede em domínios. Um *LER* (*Label Edge Router*) é um router fronteira do domínio *MPLS*, pelo que é um nó origem/destino de tráfego. Um *LSR* (*Label Switched Router*) é um router de trânsito, i.e., apenas suporta tráfego entre outros nós da rede. O encaminhamento do tráfego entre dois *LER* é feito segundo *LSPs* (*Label Switched Paths*) e estes têm de ser previamente estabelecidos na rede. Um pacote de tráfego, ao ser encaminhado por um *LSP*, sofre um atraso em cada *LSR* que atravessa pelo que o número de *LSRs* de um *LSP* (designado por número de saltos de encaminhamento) deverá ser limitado para que o atraso médio e a variância do atraso cumpram com os parâmetros de Qualidade de Serviço a fornecer.

Na camada física *WDM* (*Wavelength Division Multiplex*), os nós da rede, designados por *OXC*s (*Optical Cross-Connects*), estão interligados por fibras ópticas e permitem a comutação óptica de diferentes comprimentos de onda. Assim, é possível estabelecer um canal óptico (*em inglês, lightpath*) entre quaisquer dois terminais eléctricos pela configuração de um comprimento de onda, nos *OXC*s, num percurso que os usa.

O canal óptico é limitado a uma distância máxima devido a vários efeitos da propagação nas fibras ópticas tais como a atenuação, o *crosstalk*, a dispersão ou as não-linearidades.

Nas redes *MPLS* sobre *WDM*, os *routers MPLS* são os terminais eléctricos da rede *WDM* e a conectividade entre *routers* é dada por canais ópticos nela configurados. Assim, para a configuração de redes *MPLS* sobre *WDM*, é preciso determinar os canais ópticos na camada *WDM* e os *LSPs* na camada *MPLS*. Dada uma topologia da rede *WDM* (que inclui o comprimento de cada fibra óptica) e uma matriz de tráfego a suportar, o problema de dimensionamento aqui endereçado é a determinação conjunta da localização dos *routers MPLS* e do planeamento dos canais ópticos *WDM*. Assume-se que a localização dos *LER* é conhecida pois são os nós origem/destino da matriz de tráfego pelo que apenas a localização dos *LSR* é considerada no problema de dimensionamento. Associa-se um custo a cada *LSR* a instalar e um custo, por unidade de comprimento, a cada canal óptico, e o objectivo do dimensionamento é determinar a solução de custo mínimo. Considera-se uma restrição de nível físico que impõe um comprimento máximo a cada canal óptico e uma restrição de nível de rede que impõe um número máximo de saltos de encaminhamento a cada *LSR*.

2. Modelo de Programação Linear Inteira

Neste modelo, considera-se que cada fluxo de tráfego é suportado por um único *LSP*. Na secção seguinte, aborda-se o caso mais geral em que um fluxo é suportado por múltiplos *LSPs* por forma a garantir a sobrevivência da rede a falhas.

Considere-se a rede *WDM* modelada pela grafo $G=(V,E)$ em que o conjunto dos nós V representa as localizações dos *OXC*s e o conjunto das arestas E representa os pares de *OXC*s ligados por fibras ópticas. O conjunto S (SCV) inclui os nós de V aos quais estão ligados *LER*s e, consequentemente, $V \setminus S$ representa o conjunto de nós candidatos a colocar routers *LSR*. Na rede *MPLS*, assume-se que cada par de nós $p,q \in S$ ($p < q$) define um fluxo de tráfego, com origem em p , destino em q e largura de banda dada por tpq (consideram-se *LSRs* simétricos, i.e., com o mesmo requisito de largura de banda nos dois sentidos). Considera-se que cada canal óptico tem uma capacidade dada por α e que a distância máxima entre os seus nós extremo é dada por L . O número máximo de saltos de encaminhamento de cada *LSP* é dado por H . O custo de um router *LSR* colocado em $i \in V \setminus S$ é dado por c_i .

Note-se que a única restrição associada aos canais ópticos é uma restrição de distância máxima e o seu custo é proporcional à distância. Assim, os percursos dos canais ópticos numa solução óptima são sempre os percursos mais curtos no grafo G . Esta observação permite-nos modelar o problema de dimensionamento num grafo expandido $G'=(V',E')$, em que E' é dado pelas arestas $\{i,j\}$ tais que o percurso mais curto em G entre i e j , seja não superior a L . A modelação do problema em G' garante que os canais ópticos cumprem com a restrição de máxima distância sem ser necessário qualquer restrição explícita para tal. O custo de um canal óptico entre i e j de uma aresta $\{i,j\} \in E'$, dado por $c_{\{i,j\}}$, é igual ao custo por unidade de comprimento vezes o comprimento do percurso mais curto entre i e j no grafo original G .

Para modelar o problema de dimensionamento, consideram-se as variáveis seguintes. As variáveis binárias n_i , quando assumem o valor 1 indicam que um *LSR* é colocado no nó $i \in V \setminus S$. As variáveis inteiras indicam o número de canais ópticos entre os nós i e j . As variáveis binárias z_{ij}^{hpq} , quando assumem o valor 1 indicam que o *LSP* de p para q atravessa a aresta $\{i,j\}$ na direcção de i para j e que $\{i,j\}$ é a h -ésima aresta no percurso do *LSP*. O modelo de programação linear inteira que define o problema de dimensionamento é, então, dado por: Minimizar:

$$\sum_{i \in V \setminus S} c_i n_i + \sum_{\{i,j\} \in E'} c_{\{i,j\}} u_{\{i,j\}} \quad (1)$$

$$\sum_{j \in V} z_{pj}^{1pq} = 1, \quad p, q \in S \quad (p < q) \quad (2)$$

$$\sum_{j \in V} (z_{ij}^{h+1,pq} - z_{ji}^{hpq}) = 0, \quad p, q \in S \quad (p < q), i \neq p, h = 1, \dots, H-1 \quad (3)$$

$$\sum_{j \in V} z_{jq}^{Hpq} = 1, \quad p, q \in S \quad (p < q) \quad (4)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{h=1}^H z_{ij}^{hpq} \leq \begin{cases} 1 & j \in S \setminus \{p, q\} \\ n_j & j \in V \setminus S \end{cases}, \quad p, q \in S \quad (p < q) \quad (5)$$

$$\sum_{p,q \in S: p < q} \sum_{h=1}^H t_{pq} (z_{ij}^{hpq} + z_{ji}^{hpq}) \leq \alpha u_{\{i,j\}}, \quad \{i,j\} \in E \quad (6)$$

$$n_j \in \{0,1\}, \quad j \in V \setminus S \quad (7)$$

$$u_{\{i,j\}} \geq 0 \text{ and integer}, \quad \{i,j\} \in E \quad (8)$$

$$z_{ij}^{hpq}, z_{ji}^{hpq} \in \{0,1\}, \quad p, q \in S \quad (p < q), \{i,j\} \in E^h, h = 1, \dots, H \quad (9)$$

$$z_{qq}^{hpq} \in \{0,1\}, \quad p, q \in S \quad (p < q), h = 2, \dots, H \quad (10)$$

Note-se que este modelo inclui variáveis de ciclo z_{qq}^{hpq} , restrições (10), definidas no último destino de cada fluxo de tráfego $p,q \in S$ ($p < q$) para permitir que os percursos de encaminhamento possam ter menos que H saltos.

A função objectivo (1) expressa o custo da solução dado pela soma dos custos dos routers *LSR* e dos custos dos canais ópticos. As restrições (2) garantem que o percurso de cada fluxo contém na primeira posição ($h = 1$) um arco de saída do seu nó origem p . As restrições (3) garantem que se houver um arco de entrada na posição h para um dado nó, tem de haver um arco de saída na posição $h+1$ desse mesmo nó (se o nó for o destino q , então o arco de saída é um arco fictício representado por uma variável de ciclo z_{qq}^{hpq}). As restrições (4) garantem que o percurso de cada fluxo contém na última posição ($h = H$) um arco de entrada para o seu nó destino q (que pode ser uma variável de ciclo se o percurso tiver menos que H saltos).

As restrições (5) garantem que cada percurso só pode passar por cada nó intermédio uma vez e que esse nó, se pertencer a $V \setminus S$, tem de ter um *LSR* instalado. As restrições (6) são restrições de capacidade, i.e., garantem que a capacidade total dos canais ópticos entre i e j é suficiente para suportar a largura de banda de todos os *LSPs* cujo percurso de encaminhamento inclua a aresta $\{i,j\} \in E'$. Finalmente, as restrições (7) a (10) definem o domínio da cada um dos tipos de variáveis.

O modelo adoptado para os percursos de encaminhamento, definido pelas restrições (2) a (4), foi proposto pela primeira vez em [1] para problemas de desenho de árvores de suporte e de Steiner de custo mínimo com restrições no número de saltos. Uma forma mais tradicional de modelar percursos é adoptar variáveis binárias do tipo y_{ij}^{pq} que indicam se o arco (i,j) está no percurso da origem p para o destino q , sem que haja nenhum índice a indicar a posição do arco no percurso. Os modelos que resultam com variáveis do tipo y_{ij}^{pq} são mais compactos na medida em que contêm muito menos variáveis e muito menos restrições. No entanto, nos problemas de árvores (de suporte e de Steiner), tanto a análise como os resultados computacionais de [1] mostram que os modelos baseados nas variáveis z_{ij}^{hpq} são muito mais fortes no sentido que o valor da relaxação linear dos modelos resultantes é muito superior e muito mais próximo do valor óptimo das soluções inteiras.

3. Problemas de Dimensionamento

O modelo apresentado na secção anterior foi proposto em [2] para o dimensionamento de redes *MPLS* sobre *WDM* em que se assume que cada fluxo de tráfego é suportado por um único *LSP*. Os resultados computacionais mostram que o uso de variáveis do tipo z_{ij}^{hpq} , embora melhore os valores das relaxações lineares, ainda assim não permite resolver até à optimalidade algumas das instâncias maiores consideradas. Assim, em [2] é proposta uma heurística baseada na decomposição do modelo da secção anterior em dois modelos de programação mais simples que são resolvidos em sequência. O primeiro modelo consiste na relaxação das $u_{\{i,j\}}$ variáveis do modelo original. A resolução deste primeiro modelo é extremamente eficiente e dá uma solução para as variáveis n_i . O segundo modelo consiste na fixação das variáveis n_i do modelo original com os valores da solução do primeiro modelo. A resolução do segundo modelo é a solução da heurística. Os resultados computacionais de [2] mostram que a heurística obtém resultados próximos dos valores óptimos (ou de limites inferiores determinados com base no modelo original) para todas as instâncias consideradas.

Em [3-4], aborda-se o caso mais geral em que cada fluxo é suportado por D *LSPs*, disjuntos nos nós, por forma a garantir a sobrevivência da rede em caso de falhas. São considerados dois mecanismos de sobrevivência: diversidade de encaminhamento (a largura de banda do fluxo é dividida em partes iguais por D percursos disjuntos) e protecção de encaminhamento (os D percursos têm uma capacidade tal que se falhar um percurso, os outros $D-1$ percursos conseguem encaminhar toda a largura de banda do fluxo).

Em ambos os casos, é possível modelar o sistema de D percursos para cada fluxo de duas formas. A forma desagregada consiste em considerar uma variável do tipo z_{pq}^{hpq} , com um índice extra d que indica a que percurso a variável se refere, e aplicar o conjunto de restrições (2) a (4) da secção anterior a cada conjunto de variáveis. A forma agregada consiste em usar um único conjunto de variáveis inteiras W_{ij}^{hpq} , com valor menor ou igual a D , cujo significado é o número de percursos de p para q que atravessa a aresta $\{i,j\}$ na direcção de i para j e para os quais $\{i,j\}$ é a h -ésima aresta. Em [3], mostra-se que o modelo agregado é superior ao modelo desagregado porque é um modelo mais compacto (menor número de variáveis e de restrições) e o valor da sua relaxação é igual ao do modelo desagregado. Em [4], usa-se o modelo agregado para resolver algumas instâncias baseadas em redes reais e comparar os custos que se obtêm com os diferentes mecanismos de sobrevivência. Os problemas de dimensionamento descritos, bem como problemas de engenharia de tráfego, em que se utilizam e comparam modelos baseados nas formas agregada e desagregada mencionadas, foram também estudados em [5].

Referências

Gouveia L., "Using Variable Redefinition for Computing Lower Bounds for Minimum Spanning and Steiner Trees with Hop Constraints", *INFORMS Journal on Computing*, vol. 10, no. 2, pp. 180-188, 1998 (doi: 10.1287/ijoc.10.2.180)

Gouveia L., Patrício P., de Sousa A.F., Valadas R., "MPLS over WDM Network Design with Packet Level QoS Constraints based on ILP Models", *IEEE INFOCOM*, 2003 (doi: 10.1109/INFOCOM.2003.1208708)

Gouveia L., Patrício P., de Sousa A.F., "Compact Models for Hop-Constrained Node Survivable Network Design: an Application to MPLS", em "Telecommunications Planning: Innovations in Pricing, Network Design and Management", G. Anandagalam e S. Raghavan (editores), Springer, Capítulo 9, pp. 167-180, 2006 (doi: 10.1007/0-387-29234-9_9)

Gouveia L., Patrício P., de Sousa A.F., "Hop-Constrained Node Survivable Network Design: An Application to MPLS over WDM", *Networks and Spatial Economics*, vol. 8, no. 1, pp. 3-21, 2008 (doi: 10.1007/s11067-007-9038-3)

Patrício, P., "Modelos de Programação Linear Inteira para Problemas de Dimensionamento e Engenharia de Tráfego de Redes de Telecomunicações", tese de doutoramento em Optimização, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Julho de 2009.

Manuel Ferreira de Oliveira

“NA GALP ENERGIA, O PROCESSO DE DECISÃO INCORPORA AS PRINCIPAIS METODOLOGIAS CONHECIDAS PARA TRATAR A INCERTEZA...”



Presidente Executivo da Galp Energia
Vice-presidente do Conselho Geral da Universidade do Porto
Presidente do Conselho de Administração e Presidente Executivo da Unicer – Bebidas de Portugal, SGPS, S.A. entre 2000 e 2006
Presidente do Conselho de Administração e Presidente Executivo da Petrogal de 1995 a 2000
Professor Catedrático da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto de 1979 a 1980

Licenciou-se em Engenharia Electrotécnica, ramo de Energia, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, obteve o grau de Master of Science (MSc) em Energia pela Universidade de Manchester e obteve um doutoramento em Sistemas de Energia pela mesma universidade. Qual a importância que atribui a esta formação no seu percurso profissional?

A minha formação académica, aos níveis de licenciatura, mestrado, doutoramento e agregação, complementada por experiência operacional e formação em gestão, foi determinante para a minha carreira profissional. Como estudante, aprendi a aprender; como investigador, aprendi a chegar à fronteira do conhecimento e a não recear enfrentar um problema para o qual não conhecia solução; como professor aprendi a comunicar e a partilhar o conhecimento. Tudo isto representa atributos indispensáveis para a liderança de qualquer instituição.

Qualquer projecto na área petrolífera tem um *time-to-market* diferente dos de outros sectores. O *time-to-market* é um aspecto decisivo, podendo atingir os 5-7 anos, e o retorno do investimento por vezes só se materializa ao fim de 20-30 anos. A fim de melhorar os processos de tomada de decisão são fundamentais procedimentos analíticos, metodologias e ferramentas que contemplem a análise de risco. Sendo o Manuel Ferreira de Oliveira responsável na Comissão Executiva da GALP Energia pelo pelouro do Planeamento Estratégico, como é que incorpora na estruturação dos processos de tomada de decisão a gestão do risco?

O risco da nossa actividade é elevado em determinados segmentos, e embora procuremos sempre quantificá-lo, esse exercício nem sempre é fácil, pois a incerteza da qual decorre, nem sempre apresenta uma regularidade estatística que possa ser facilmente probabilizável.

O risco da nossa actividade decorre de muitos factores que poderão ter uma natureza aleatória ou incerta: o contexto económico, o contexto político, as condições climáticas, as condições geológicas, a segurança internacional, entre muitos outros factores.

Nas nossas decisões estratégicas e operacionais procuramos incorporar todos estes factores, e as suas incertezas, e decidir da forma mais racional à luz dos nossos objectivos e no contexto das limitações internas e externas que defrontamos. Na Galp Energia, o processo de decisão incorpora as principais metodologias conhecidas para tratar a incerteza, desde os métodos empíricos mais simples, como as análises de sensibilidade, passando pelas técnicas dos cenários, até às técnicas mais sofisticadas da I.O., como por exemplo técnicas de simulação de Monte Carlo, técnicas de decisão baseadas no critério do Valor Esperado ou nos critérios Maximin ou Minimax, ou até no valor mais provável, entre outras, bem conhecidas dos especialistas em I.O.

Como é que o *Chief Executive Officer* de um dos maiores grupos portugueses olha para a actual colaboração entre o mundo académico e o mundo empresarial?

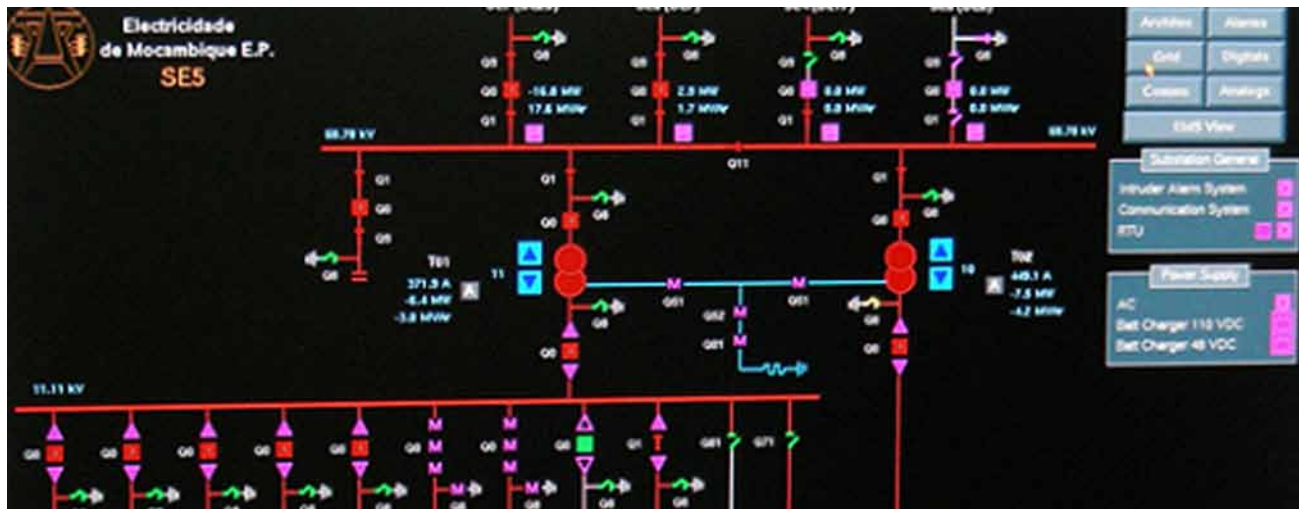
Considero que existe um potencial de valor importante que poderá ser realizado através do aprofundamento da relação entre as empresas e as universidades, e sobretudo nas seguintes dimensões: (1) Recrutamento de jovens de alto potencial; (2) Formação avançada de quadros da empresa ao longo da sua carreira; (3) Realização de projectos de I&D que poderão envolver o desenvolvimento de doutoramentos; (4) A abertura do sector empresarial para proporcionar “casos de estudo” às universidades e “experiências em meio empresarial” aos alunos dos diferentes níveis de ensino e ainda (5) A criação de uma rede aberta de inovação entre a empresa e a universidade. A Galp Energia tem em execução um conjunto de programas de cooperação com o Sistema Universitário que correspondem a estes grandes objectivos.

A comunidade científica portuguesa tem procurado reflectir sobre os desafios que se colocam à Investigação Operacional para a próxima década. A IO, como “ciência para tomar melhores decisões” pode ter um papel fulcral no clima de escassez de recursos com que Portugal vai ser confrontado nos próximos anos. Que problemas do sector da energia vão emergir nos próximos anos e que poderão beneficiar da intervenção da IO?

Um dos exemplos mais relevantes de aplicação da investigação operacional na Galp Energia é precisamente o modelo que desenhamos de optimização da margem de refinação, o qual sustenta o processo de decisão sobre o “portfólio” de produtos petrolíferos que produzimos e de ramos de crude que adquirimos, em cada momento. É um modelo muito complexo que incorpora quer as condições de mercado do sector petrolífero, que sofrem flutuações significativas, quer as características do aparelho refinador da Galp Energia. A própria decisão dos grandes investimentos do projecto de conversão que actualmente se encontra em curso nas refinarias de Sines e Matosinhos teve por base um processo de simulação e cenarização construído sobre esse modelo devidamente adaptado.

Sabemos a importância que dá à qualificação dos recursos humanos. Na GALP existem muitos quadros com formação específica em Investigação Operacional, ao nível de mestrado e doutoramento? Gostava de ter mais?

A Galp Energia dispõe de quadros com licenciatura em Matemática e Estatística e ainda quadros com mestrado em Investigação Operacional. Na nossa óptica é importante a combinação de conhecimentos e competências, por exemplo de engenharia química e investigação operacional.



IO EM ACÇÃO

A UNIDADE DE SISTEMAS DE ENERGIA DO INESC PORTO E A EFACEC

Manuel Matos, INESC Porto, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto

Jorge Pereira, INESC Porto, Faculdade de Economia, Universidade do Porto

Enquadramento

A colaboração regular entre a Unidade de Sistemas de Energia e a EFACEC, Sistemas de Electrónica iniciou-se nos anos de 1996/7, quando a EFACEC decidiu fazer evoluir o seu sistema de SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) para um DMS (Distribution Management System - Sistema de Gestão de Redes de Distribuição) capaz de competir no mercado internacional. O conceito de DMS era inovador na época, pois tradicionalmente as redes de distribuição estavam pouco instrumentadas e eram geridas com base na experiência dos operadores e em procedimentos heurísticos simples, reservando-se os sistemas de gestão técnica de redes para os sistemas de produção e transporte, sob o nome de EMS (Energy Management Systems). Note-se, entretanto, que este DMS não é simplesmente um EMS reduzido, pois inclui módulos e funcionalidades específicos das redes de distribuição, previamente não oferecidos pelos fabricantes deste tipo de sistemas.

O INESC Porto já tinha tido um papel importante no desenvolvimento das interfaces do sistema SCADA (através da então Unidade de Software), mas o novo desafio que se colocava era o de fornecer módulos de cálculo científico para o DMS, incluindo um processador de topologia capaz de transformar os dados detalhados da rede de forma a serem utilizáveis pelos algoritmos de análise e optimização e os próprios algoritmos necessários para a realização de estudos de conectividade, coloração de redes seleccionadas, trã-

sito de potências e curto-circuitos, e de resolver diversos problemas de optimização da operação das redes.

Depois do fornecimento dos módulos iniciais, o sistema foi sendo instalado um pouco por todo o mundo (CERN, Argélia, Tunísia, Roménia, Vietname, Brasil, Moçambique e Portugal) evoluindo para um EMS quando a dimensão e complexidade dos sistemas eléctricos o exigiu. A colaboração entre o INESC Porto e a EFACEC continuou assim a desenvolver-se, com o fornecimento de novos módulos, à medida das necessidades do mercado e da evolução tecnológica e científica.

Nas secções seguintes descrevem-se as características principais dos módulos existentes, com saliência para os que incorporam maior conteúdo de técnicas de Investigação Operacional, em particular algoritmos de optimização.

Os módulos do Sistema de Gestão de Redes Eléctricas

Os principais módulos desenvolvidos durante este período foram os seguintes:

- Processador de topologia
- Trãnsito de potências
- Análise de curto-circuitos simétricos e assimétricos
- Afectação de cargas
- Previsão de cargas nas saídas de subestações
- Estimacão de estado
- Fluxo de Potências Óptimo
- Escalonamento com Despacho económico
- Análise de Contingências

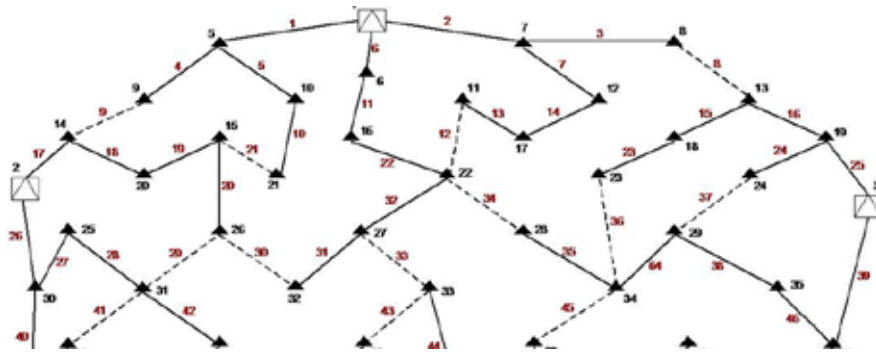
- Controlo de tensão e potência reactiva
- Reconfiguração de redes
- Detecção de defeitos
- Sistema de Treino de Operadores

Nas secções seguintes referem-se algumas características de módulos com maior conteúdo relacionado com Investigação Operacional.

Processador de Topologia

Processador da Topologia é o módulo que faz tratamento dos dados relacionados com a topologia, criando um equivalente da rede baseado apenas em nós e ramos a partir de uma descrição muito mais detalhada e tecnológica dos elementos da rede. O número de nós do equivalente resultante, e que será utilizado pelas outras funções de cálculo eléctrico, é significativamente reduzido tornando essas funções mais eficientes. Na análise topológica detectam-se as sub-redes electricamente activas (ilhas energizadas) e as sub-redes inactivas (ilhas isoladas). São utilizados algoritmos da teoria dos grafos para detecção de nós vizinhos e criação de uma lista destes nós com os respectivos ramos. Estas listas serão utilizadas para rapidamente fazer pesquisas de caminhos e/ou de ligações existentes.

O esquema de conectividade serve também de entrada para as funções gráficas, permitindo que os diagramas unifilares esquemáticos ou geográficos sejam actualizados e dinamicamente coloridos. A função de trace fornece a capacidade de destacar caminhos específicos



dos equipamentos ligados electricamente. Para a procura destes caminhos é utilizado o algoritmo de Busca em Profundidade (*DFS - Depth-first search*) de procura em grafos. Esta funcionalidade permite responder, entre outras, às seguintes perguntas: Estes dois equipamentos estão ligados electricamente? Qual o equipamento ligado a este equipamento? Quais as fontes de energia que alimentam este equipamento? Quais as cargas alimentadas por esta fonte de energia?

Estimação de Estado

A operação de um sistema de energia exige a obtenção de informações sobre o sistema, tais como configuração da rede, medidas de tensão, medidas de correntes, medidas de potências activas e reactivas. Estas informações são por vezes afectadas por erros, de tal modo que o conjunto de dados de que se dispõe num dado instante pode não constituir um conjunto coerente. Para ultrapassar este problema recorre-se ao módulo de Estimação de Estado, um procedimento para a compensação dos erros grosseiros e falta de dados, isto é, uma metodologia cujo objectivo consiste em calcular os melhores valores para as variáveis de estado do sistema a partir da informação disponível vinda, por exemplo, da aparelhagem de medida, garantindo a coerência. Neste módulo foi adoptado o método dos mínimos quadrados ponderados e a abordagem inclui a consideração de variáveis de estado binárias relacionadas com aparelhos de corte cujo estado é desconhecido ou levanta suspeitas de estar errado.

Controlo de tensão e potência reactiva

A circulação de potência reactiva nas redes está associada a variações de tensão que têm influência na qualidade de serviço (procura-se manter as tensões dentro de certos limites, próximos do seu valor nominal) e nas perdas de energia nas redes. As variáveis de controlo principais são as posições das tomadas dos transformadores e das baterias de condensadores (em ambos os casos variáveis discretas).

Neste módulo, utilizou-se *Simulated Annealing* para proceder esta optimização, correspondente à minimização de perdas, sujeita à satisfação das equações físicas e ao respeito pelos limites das tensões e das correntes nos ramos. As restrições são incorporadas na função de avaliação através da penalização das respectivas violações.

Reconfiguração de redes

As redes eléctricas de distribuição são normalmente exploradas radialmente, mas têm uma estrutura emalhada (com ramos normalmente abertos), que permite diferentes configurações de operação. A reconfiguração destas redes, através da alteração de estado dos aparelhos de corte, permite otimizar o funcionamento em face de um regime de carga, minimizando as perdas de energia e garantindo a satisfação das restrições técnicas (limites de carga dos ramos e queda de tensão nos nós). Para além deste problema de optimização da operação, há o problema relacionado de restauração de serviço na sequência de uma avaria, onde a reconfiguração visa permitir realimentar pelo menos parte dos consumidores que ficaram privados de electricidade através de percursos alternativos. Em ambos os problemas descritos, a minimização do número de manobras (acções de abertura/fecho de aparelhos de corte) pode ser também um critério considerado.

O primeiro módulo fornecido para lidar com estes problemas, designado por ONCF (*Optimal Network Configuration Finder*) baseia-se numa heurística fundada num processo de substituição de ramos (*branch exchange*) onde a selecção de ramos a fechar e abrir é realizada a partir de valores locais de tensão no nós e correntes nos ramos. Posteriormente, desenvolveu-se um algoritmo baseado em *Simulated Annealing*, sendo as vizinhanças definidas pela abertura/fecho de ramos (de modo a manter a rede radial).

Presentemente, os objectivos deste módulo e do anterior (controlo de tensão e potência reactiva) foram reunidos num módulo único, em desenvolvimento, designado por DOPF (*Distribution Optimal Power Flow*)

Escalonamento da produção com despacho económico

Este módulo resultou de um trabalho conjunto da Unidade de Sistemas de Energia e da Unidade de Engenharia de Sistemas de Produção do INESC Porto, e destina-se a garantir que as soluções óptimas de escalonamento de grupos produtores (*Unit Commitment*) são compatíveis com um despacho dos grupos produtores que respeite as restrições associadas aos ramos da rede de transporte e às rampas de variação de potência produzida pelos grupos térmicos em períodos sucessivos.

A abordagem conjuga um algoritmo de escalonamento de grupos produtores e uma versão linearizada do despacho económico com restrições. O algoritmo de escalonamento, extremamente eficiente em termos de tempo de execução, baseia-se em GRASP com vizinhanças orientadas às restrições, sendo a avaliação de soluções realizada pela chamada ao despacho económico linearizado (curvas custo e modelo de rede), com restrições de ramos, resolvido por programação linear. As rampas são modelizadas como variações dinâmicas das restrições de máxima e mínima produção dos grupos em períodos sucessivos.

Conclusões

A parceria descrita neste artigo tem mais de 13 anos e continua um exemplo de colaboração frutuosa entre a indústria e um instituto de investigação, permitindo à primeira obter vantagens competitivas no mercado deste tipo de sistemas e à segunda aplicar o seu *know-how*, encontrar novos desafios e obter financiamento para sua actividade. Saliente-se também que uma parte do material utilizado no desenvolvimento dos módulos resultou ou ocasionou teses de mestrado e doutoramento, e publicação de artigos científicos em conferências e revistas internacionais.

OPTIMIZAÇÃO, TEORIA DOS GRAFOS E COMBINATÓRIA

GRUPO DO CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EM MATEMÁTICA E APLICAÇÕES, UNIVERSIDADE DE AVEIRO

Domingos Moreira Cardoso,
Investigador responsável pelo OTGC



O grupo de Investigação em Optimização Teoria dos Grafos e Combinatória (OTGC) foi criado em 2002 como parte da estrutura do Centro de Estudos em Optimização e Controlo (CEOC) que desde a sua fundação, para além do OTGC, contou também com os grupos de Teoria do Controlo e Computabilidade e Algoritmos.

Em Janeiro de 2010, o CEOC e a Unidade de Investigação em Matemática e Aplicações (UIMA), ambas sediadas no Departamento de Matemática da Universidade de Aveiro (UA) e com a classificação de Muito Bom, atribuída pelo último Painel de Avaliação da FCT (e anterior), fundiram-se para dar origem ao Centro de Investigação e Desenvolvimento em Matemática e Aplicações (CIDMA) que actualmente conta com 83 investigadores doutorados distribuídos por sete grupos de investigação: Álgebra e Geometria (11 Ph.D.), Análise Complexa e Hipercomplexa (14 Ph.D.), Análise Funcional e Aplicações (13 Ph.D.), História da Matemática (2 Ph.D.), Optimização Teoria dos Grafos e Combinatória (18 Ph.D.), Probabilidades e Estatística (7 Ph.D.), Teoria Matemática dos Sistemas e Controlo (18 Ph.D.). Informações mais detalhadas sobre o CEOC e UIMA podem ser consultadas em <http://ceoc.mat.ua.pt/> e <http://ma.mat.ua.pt/ma/home.php>, respectivamente.

O OTGC inclui nos seus principais objectivos a investigação e formação avançada nas áreas de Optimização, Teoria dos Grafos e Combinatória e o desenvolvimento de aplicações através de parcerias que tem vindo a estabelecer com diferentes organizações industriais e de serviço, contribuindo deste modo para a divulgação e aproveitamento do conhecimento matemático e para a melhoria da formação matemática a vários níveis, contando actualmente com 10 alunos de doutoramento e 2 pós-docs.

Nos tópicos de investigação do OTGC destacam-se as técnicas de optimização contínua no estudo das propriedades combinatórias de grafos, a teoria algébrica dos grafos (em particular a teoria espectral dos grafos e suas aplicações em optimização combinatória, como é o caso da determinação de subgrafos induzidos k -regulares de ordem máxima), a programação inteira (que inclui o estudo poliédrico de árvores abrangentes de custo mínimo com restrições adicionais e o desenvolvimento de algoritmos baseados em planos de corte para variantes do problema da mochila), a programação semi-infinita multidimensional, a geometria computacional (com ênfase na optimização geométrica), o estudo de problemas de resistência mínima (problema aerodinâmico de Newton) e de transferência de massa (problema unidimensional de transporte de massa de Monge-Kantorovich) e a teoria dos bilhares. Nos domínios das aplicações, destacam-se a optimização de sistemas de transporte marítimo, a produção optimizada de cablagens para a indústria automóvel, o estudo de formulações multicritério de sistemas estocásticos de serviço, algoritmos de aprendizagem adaptativos e "data mining".

Entre as actividades regulares desenvolvidas por este grupo de investigação, conta-se a realização de quase uma centena de seminários da responsabilidade de investigadores oriundos de vários continentes e dos seguintes Encontros Científicos nacionais e internacionais: "8th EUROPT Workshop – Advances in Continuous Optimization", 9-10 de Julho de 2010 (neste Encontro foi feita a primeira apresentação pública da refutação da conjectura de Hirsch, um problema com mais de 50 anos resolvido pelo investigador espanhol Francisco Santos Leal (Universidade de Cantábria) <http://www.europt2010.com/>),

"74th European Study Group with Industry", 26-30 de Abril de 2010, <http://esgi.web.ua.pt/>, os Encontros Ibéricos de Geometria Computacional, o último dos quais foi a "7th Iberian Workshop on Computational Geometry", 20-22 de Janeiro de 2010, <http://ceoc.mat.ua.pt/meetings/ivcg10/Welcome.html>, os Encontros Conjuntos CEOC/CIMA-EU que culminaram com o "Encontro Anual CEOC e CIMA-UE", 8 de Dezembro de 2008, <http://ceoc.mat.ua.pt/meetings/ceoc-cima2008/index.html> e o "Aveiro Workshop on Graph Spectra", 10-12 de Abril de 2006, que ainda hoje é referido pelos especialistas da área como um marco importante para a projecção deste tópico de investigação (tratou-se do primeiro Encontro Internacional sobre teoria espectral dos grafos onde se reuniram os principais investigadores). No volume 423 da Linear Algebra and its Applications, publicado em 2007, pode encontrar-se um conjunto de artigos relacionados com as apresentações e uma selecção de problemas de investigação propostos durante esta workshop.

Ao longo da sua existência, o OTGC foi responsável pelos seguintes projectos de investigação: "Approximate Resolution of Geometric Optimization Problems", projecto luso-espanhol financiado pelo CRUP em 2009 e 2010, coordenado por B. Palop (Universidade de Valladolid) e L. Bajuelos (UA); "Optimization of Newtonian Resistance for non-convex bodies", projecto financiado pela FCT, entre 2007 e 2010, coordenado por A. Plakhov (UA); "Optimal splice location project – OPT-SLC", projecto desenvolvido em parceria com o Porto Technical Centre da Yazaki Saltano de Portugal, C.E.A. Lda., em 2008 e 2009, coordenado por D.M. Cardoso (UA) http://ceoc.mat.ua.pt/projects/WebPageProject_OPT-SLC/sched.html; "Illumination, Visibility and Surveillance Algorithmic Problems", projecto luso-espanhol financiado pelo CRUP, coordenado por M. Abellanas (Universidad Politécnica de Madrid) e L. Bajuelos (UA); "Algebraic methods in graph theory", projecto luso-francês financiado pelo programa Pessoa 2005/GRICES, em 2005 e 2006, coordenado por D. Forge (Université Paris-Sud) e D.M. Cardoso (UA); "Optimization of diversity and distribution of cable configuration for automobile industry", projecto desenvolvido em parceria com o Porto Technical Centre da Yazaki Saltano de Portugal, C.E.A. Lda., em 2005, coordenado por D.M. Cardoso (UA) <http://ceoc.mat.ua.pt/projects/~yazaki/index.html>. Este projecto fez parte da lista de três finalistas do Prémio Inovação APDC/Siemens 2006, juntamente com o projecto desenvolvido pela COLLAB, "One Contact - solução de contact

center IP multimédia” (projecto vencedor) e com o projecto desenvolvido pelos CTT, “Marca do Dia Electrónico”.

Actualmente, o OTGC tem os seguintes projectos de investigação recomendados para financiamento pelo respectivo painel de avaliação da FCT: “Dispersão de bilhares e aplicações na aerodinâmica de meios rarefeitos”, coordenado por A. Plakhov (UA) e “Espectros de grafos e aplicações”, coordenado por D.M. Cardoso (UA). Este último projecto, além de investigadores do OTGC, envolve 5 investigadores da UFRJ, Brasil, e 3 investigadores da UCN, Chile.

Na produção científica do OTGC, realizada entre 2003 e 2009, conta-se a publicação de 2 livros, 77 artigos em revistas científicas internacionais com referee, 22 artigos em capítulos de livros ou proceedings com referee e a supervisão de 9 teses de doutoramento e 22 teses de Mestrado. Actualmente, tem em curso 10 teses de doutoramento em temas de investigação operacional, optimização combinatória, teoria dos grafos e combinatória, teoria dos grafos e teoria das matrizes e em teoria dos grafos e optimização.

CESUR: CENTRO DE SISTEMAS URBANOS E REGIONAIS

João de Quinhones Levy



O CESUR (Centro de Sistemas Urbanos e Regionais) é uma unidade de investigação do Instituto Superior Técnico, pertencente a uma rede de unidades de investigação apoiadas pela FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior.

Os objectivos gerais do CESUR são: desenvolvimento da investigação científica para melhorar conhecimentos avançados; melhoria das práticas profissionais e das normas para fomentar o desenvolvimento sustentável; formação académica e profissional dos jovens investigadores; promoção de redes de cooperação nacionais e internacionais.

Actualmente, o CESUR oferece instalações e recursos que permitem aos professores da Secção de Urbanismo, Transportes, Vias e Sistemas, e aos investigadores do Centro, desenvolverem os seus programas de investigação.

A Unidade promove a cooperação com alunos, nomeadamente de Engenharia Civil e do Território e da Ar-

quitectura, reforçando as vantagens de uma massa crítica (pensamento). Os alunos de mestrado, investigadores e doutorandos são introduzidos num ambiente de investigação e de prática, nas áreas da Engenharia de Sistemas e Gestão, Ambiente, Transportes e Planeamento Regional e Urbano.

O CESUR mantém uma estreita relação com o mundo empresarial prestando consultadoria e desenvolvimento estudos e aplicações solicitadas por organismos públicos, autarquias e empresas.

A nível internacional, o CESUR tem parcerias com Universidades de diversos países, o que permite a transferência e aquisição de conhecimentos, tal como a circulação de alunos e investigadores.

O Centro está organizado em três núcleos, nomeadamente, Sistemas e Gestão, Ambiente e Urbanismo, e Infra-estruturas, Sistemas e Políticas de Transportes.

Os objectivos gerais do Núcleo de Sistemas e Gestão centram-se no desenvolvimento de modelos sistémicos de gestão e tomadas de decisão para melhorar a avaliação, o desenvolvimento, o financiamento, a contratação, a análise de risco, a operação logística e de longa duração e, ainda, a evolução dos projectos ao abrigo dos novos paradigmas de optimização da concorrência e sustentabilidade.

O Núcleo de Ambiente e Urbanismo desenvolve projectos para a comunidade em geral, como sejam municípios e organismos da administração central e regional, tal como empresas privadas, especialmente nos casos em que a área do projecto ou os dados colectados contribuem para um conhecimento mais aprofundado dos campos de pesquisa nos domínios do ordenamento do território e do ambiente.

O Núcleo de Infra-estruturas, Sistemas e Políticas de Transportes tem-se tornado, progressivamente, o parceiro de referência na Europa do Sul, na pesquisa académica e desenvolvimento em transportes, com vários investigadores de reconhecimento internacionais no seio do grupo e tem evoluído no sentido da obtenção do reconhecimento internacional como um dos 10 principais centros europeus em 2010.



O ENSINO DA INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL EM PORTUGAL

José Fernando Oliveira

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Departamento de Engenharia Industrial e Gestão

A Investigação Operacional foi em Portugal, e até há poucos anos, omnipresente nas formações de nível superior nas áreas da Matemática, da Economia e Gestão e da Engenharia. Eram verdadeiras excepções as licenciaturas pré-Bolonha nestas áreas científicas que não incluíam uma ou mais unidades curriculares com conteúdos programáticos que associamos habitualmente à Investigação Operacional: modelização, apoio à decisão, programação linear, fluxos em redes, filas de espera, planeamento e controlo de projectos, simulação, apenas para referir alguns dos assuntos mais frequentes. É curioso recordar as diferentes áreas científicas em que a Investigação Operacional era enquadrada nesses planos de estudo. Dependendo do curso, a Investigação Operacional podia pertencer às áreas científicas da "Matemática", "Sistemas de Apoio à Decisão", "Gestão" ou mesmo "Soft-Skills" (e refiro-me apenas a casos concretos que conheço). Esta aparente confusão pode no entanto ser interpretada como uma consequência do carácter transdisciplinar da Investigação Operacional e da riqueza de vistas que sobre ela podemos ter. Em paralelo, e sobretudo nos primeiros anos da introdução do ensino da Investigação Operacional nos nossos currícula, as metodologias de ensino, fortemente inspiradas na experiência que os nossos pioneiros tinham tido, sobretudo em Inglaterra, eram inovadoras e desafiantes, com uma forte presença de estudo de casos e a procura sistemática da ligação aos problemas reais e às aplicações. Será que podemos chamar a estes os anos dourados da Investigação Operacional em Portugal?

Esta presença tão forte e significativa criou condições para a criação de emprego docente nesta área e conduziu ao desenvolvimento da APDIO, uma associação nacional de Investigação Operacional com uma dimensão e expressão claramente acima do que acontece pela Europa fora, quando se considera a dimensão relativa dos países. Vivemos cerca de 25 a 30 anos, até à publicação do Decreto-Lei 74/2006 (que aprova o regime jurídico dos graus e diplomas adequados a "Bolonha"), com a possibilidade de cultivar nos nossos alunos o gosto e os conhecimentos necessários à prática da Investigação Operacional. Fizemos um bom trabalho? Que mensagem conseguimos passar aos nossos alunos e aos nossos colegas?

O resultado do nosso trabalho junto dos colegas docentes universitários, de outras áreas científicas, ficou cruamente demonstrado no processo de adequação dos cur-

sos a "Bolonha". Nesse processo a Investigação Operacional foi muitas vezes remetida para optativa ou desapareceu. Curiosamente, por razões diversas, nas escolas de gestão dos Estados Unidos da América e Canadá um processo semelhante decorreu, seguido do encerramento sucessivo de Departamentos de Investigação Operacional por falta de serviço docente que justificasse a sua existência. A propósito desta experiência, e da importância de um bom ensino na reversão deste processo, a título de exemplo recomendo a leitura do artigo de Peter Bell "The Value of Great Teaching: what OR professors and their host departments need to do in order to survive and prosper during difficult economic times", publicado no número de Agosto de 2009 da revista *OR/MS Today* (<http://www.lionhrtpub.com/orms-orms-8-09/frvalue.html>).

Podemos sempre argumentar que a razão pela qual a Investigação Operacional perdeu tanta expressão nas licenciaturas foi porque este era um jogo de soma nula, e ninguém estava disponível para cortar matérias específicas de cada curso em prol de algo lateral como a Investigação Operacional, e não pela falta de compreensão dos nossos colegas pela importância da nossa unidade curricular. No entanto, com certeza que os nossos alunos perceberam a importância da Investigação Operacional, reconhecem na sua vida profissional as oportunidades para a sua aplicação, usam-na e procuram as Universidades para desenvolver projectos conjuntos com as empresas. Infelizmente, penso que também aí falhamos. Temo que a maior parte dos ex-alunos de Investigação Operacional se lembrem da unidade curricular por causa do método simplex, o que não é, com certeza, a impressão que queremos deixar aos alunos que se cruzam com Investigação Operacional nos seus percursos académicos. E enquanto assim for, o risco de irmos perdendo relevância a cada reforma curricular é muito grande.

Então que saída temos para esta situação? Acredito que a resposta está na utilização daquilo que o Processo de Bolonha tem de muito positivo, a passagem de um curriculum organizado em torno de conteúdos programáticos para um curriculum organizado em torno de competências e objectivos de aprendizagem, e numa forte aposta num ensino mais consequente, que só é possível se investirmos tempo a aprender a ensinar e pensar como ensinamos.

Poderão dizer-me que actualmente todas as escolas já pedem aos docentes que definam as competências e objectivos de aprendizagem para cada unidade curricular. A questão é saber se usamos essa oportunidade para realmente pensarmos no que queremos que os alunos de Gestão, de Engenharia ou de Matemática, que tenham uma ou duas unidades curriculares de Investigação Operacional, devem saber fazer no fim dessas unidades curriculares. E fazer no seu contexto profissional, e não nosso contexto de investigação em Investigação Operacional. E então depois, deveremos pensar que conteúdos programáticos são importantes e necessários para dotá-los dessas competências e, "last but not the least" como vamos veicular esses conteúdos de uma forma eficaz e eficiente, isto é, que estratégias pedagógicas vamos usar na unidade curricular, no seu todo, e aula a aula, tópico a tópico. Para sobrevivermos é fundamental que os alunos experimentem a Investigação Operacional como algo sedutor, desafiante,

entusiasmante e prático, utilizável na sua futura vida profissional. E já agora, se possível, num enquadramento simpático, acolhedor e feliz. Não estamos nós apaixonados pela Investigação Operacional? Então como podemos deixar que os nossos alunos sofram com a Investigação Operacional? E não, não estou a defender qualquer tipo de facilitismo, baixar da fasquia ou conversão da Investigação Operacional numa actividade de cantinhos dos infantários. Estou a defender que pensemos bem o que é importante os alunos saberem, nos domínios do saber-saber e do saber-fazer, que desenvolvamos curricula e estratégias de ensino-aprendizagem consistentes com isso e, finalmente, que digamos isso aos nossos alunos, que sejamos claros e transparentes sobre quais são os objectivos. Mas para isso é preciso que os tenhamos claros nas nossas próprias cabeças.

É neste contexto que a Comissão Directiva da APDIO irá organizar um workshop no mês de Fevereiro, dedi-

cado ao ensino da Investigação Operacional. Tentar-se-á reunir um conjunto diversificado e representativo de sócios da APDIO ligados ao ensino da Investigação Operacional, que possam reflectir estas questões e dar os primeiros passos para delinear uma estratégia de desenvolvimento para os próximos 10 anos, incluindo os vectores estratégicos da formação pedagógica, dos recursos para o apoio ao ensino e da partilha de práticas e auto-desenvolvimento.

Vivemos tempos economicamente difíceis e a escassez de recursos vai aumentar: são estes os tempos em que o valor da Investigação Operacional se torna mais claro e evidente. Cumpre-nos formar, de uma forma efectiva, profissionais conscientes desta realidade, capazes de incorporar e endogeneizar no tecido empresarial português.

BLOG DOS SÓCIOS

BEST STUDENT PAPER AWARD

Isabel Cristina Lopes, aluna de doutoramento do Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho, recebeu o prémio "Best Student Paper Award" pelo artigo "Using Interval Graphs in an Order Processing Optimization Problem" apresentado na "International Conference of Applied and Engineering Mathematics - World Congress on Engineering 2010".

Esta conferência mundial, organizada pela International Association of Engineers (IAENG), foca tópicos teóricos e aplicados de Engenharia e Ciência dos Computadores e todos os anos reúne representantes de universidades e centros de investigação, professores e investigadores de mais de 30 países. A edição de 2010 englobou 15 conferências em simultâneo e decorreu no Imperial College em Londres, de 30 de Junho a 2 de Julho. Isabel Cristina Lopes encontra-se em fase final do seu projecto de doutoramento com o tema "Problemas de corte de stock bidimensionais", sob orientação do Prof. Valério de Carvalho (Universidade do Minho).

Using Interval Graphs in an Order Processing Optimization Problem

Isabel Cristina Lopes, J.M. Valério de Carvalho

Abstract - In this paper we address an order processing optimization problem known as minimization of open stacks (MOSP). We present an integer programming model, based on the existence of a perfect elimination scheme in interval graphs, which finds an optimal sequence for the costumers orders.

Keywords - Integer programming, Interval graphs, Open orders minimization, MOSP, Pathwidth.

Disponível on-line em:

www.iaeng.org/publication/WCE2010/WCE2010_pp1722-1728.pdf

PRÉMIO APDIO-FCT UNL PARA O MELHOR ALUNO DE INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL

Prémio APDIO-FCT UNL para melhor aluno de Investigação Operacional: Na sequência do IO2009-14º Congresso Nacional da APDIO, que decorreu na FCT-UNL, foi instituído o "Prémio APDIO-FCT UNL para o melhor aluno de Investigação Operacional", que visa estimular a excelência nessa área. O Prémio distingue o melhor aluno de IO em unidades curriculares de Licenciaturas ou Mestrados leccionados pelo Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Relativamente ao ano lectivo 2009/2010, o Prémio foi atribuído a Gianluca Campanella, aluno do Mestrado em Matemática e Aplicações, que receberá o correspondente Diploma e um cheque nas comemorações no Dia da Faculdade.

PRÉMIO ISABEL THEMIDO – 2011

Estão abertas as candidaturas para a atribuição do Prémio Isabel Themido, que se destina a galardoar o(s) melhor(es) artigos publicados por sócios da APDIO no período compreendido entre congressos nacionais, visando-se através desta distinção promover a produção científica nacional e publicação no domínio da Investigação Operacional.

Para o 15º Congresso Nacional da APDIO – IO 2011, podem candidatar-se à atribuição do prémio os **artigos publicados em 2009 ou 2010 em revistas de circulação internacional, escritos em língua inglesa**. Serão admitidos a concurso os artigos nomeados pelos próprios autores e/ou por qualquer sócio da APDIO.

As candidaturas podem ser formalizadas através de uma carta, acompanhada de cópia em papel da publicação candidata, enviada para:

APDIO – Associação Portuguesa de Investigação Operacional
CESUR
Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais
1049-001 Lisboa

ou em formato pdf para apdio@civil.ist.utl.pt e dar entrada até ao dia 28 de Fevereiro de 2011. A Comissão Directiva da APDIO elaborará uma lista das publicações candidatas que ficará disponível na página www.apdio.pt até ao dia 15 de Março de 2011.

O Júri será constituído pelos Professores Doutores José Dias Coelho, Rui Carvalho Oliveira, José Soeiro Ferreira e João Paulo Costa, e das suas decisões não haverá lugar a recurso. O Júri poderá atribuir o prémio ex-aequo ou menções honrosas a outros trabalhos que considere serem merecedores dessa distinção. Além disso o Júri reserva-se o direito de não atribuir o prémio.

O prémio Isabel Themido será entregue no decurso do Congresso IO 2011, que terá lugar em Coimbra, de 18 a 20 de Abril de 2011.

A IO EM PORTUGAL: QUE DESAFIOS PARA A PRÓXIMA DÉCADA

José Rui Figueira
École des Mines de Nancy
Centro de Investigação LORIA

Os universos, académico e económico, de hoje, estão a sofrer profundas alterações. Entendo que para podermos identificar alguns desafios para a próxima década, no domínio da Investigação Operacional (IO), em Portugal, não podemos deixar de observar de forma detalhada o que se passa nos dois universos e respectiva interacção.

As transformações no mundo económico foram enormes e intensas nas últimas duas décadas e pelo que nos é dado ver vão continuar. A globalização está para ficar; a concentração de grandes grupos económicos também; e o poder que estes grupos exercem em todos os domínios, inclusivamente sobre as políticas universitárias, é indesmentível. A crescente interacção entre empresas e universidade implica que as decisões na universidade não possam ser tomadas isoladamente. A formação dos alunos, por exemplo, não deve ser egoisticamente fixada pelas universidades, devendo antes ter em conta tudo o que as rodeia, em particular a dinâmica do poder económico que passou a ser o factor dominante. Este fenómeno tem vindo a acentuar-se na universidade ocidental. Exemplo desta nova realidade é a composição de muitos conselhos consultivos universitários, constituídos por membros da direcção de várias empresas, muitas delas multinacionais.

A universidade actual perdeu muito das características clássicas, onde o mercado para os licenciados, mestres ou doutores era sobretudo criado pela própria universidade. A universidade definia o plano de um curso e criava necessidades no mercado, sem ter que se preocupar em demasia com o tecido empresarial ou com o meio envolvente. Um recém-licenciado em engenharia actuaria nas áreas da sua competência, utilizando sobretudo o que fora previamente definido na universidade, muitas vezes sem a mínima preocupação com a realidade que iria enfrentar. Hoje em dia, a universidade não pode nem deve decidir isoladamente sobre o perfil daqueles que está a formar. O perfil depende, cada vez mais, e em certos países em larguíssima escala, do mercado e das suas leis. Neste sentido, poder-se-á dizer que o universo académico se encontra, pelo menos em maior grau, determinado pelo universo económico, sendo forçado a interagir com ele de forma cada vez mais intensa. Ignorar esta nova realidade parece-me um risco que deve ser evitado pois prejudicaria perigosamente a missão da universidade contemporânea.

O que disse acima parece-me igualmente válido para todo o tipo de formação académica, incluindo, naturalmente, a formação em IO. Neste caso, alguns elementos específicos devem ser tidos em conta: é importante saber definir o que se entende por IO, o que se espera de um

investigador operacional, como é avaliado e quais as fontes de financiamento a que pode recorrer.

A IO é, entre outras, uma disciplina que se baseia tanto no rigor científico como na arte de modelação e estruturação de problemas (actualmente também a própria arte está dependente das novas tecnologias); é uma disciplina interdisciplinar; é uma disciplina de um mundo inter-relacional (relações técnicas e humanas), é uma disciplina de cariz multifacetado, é uma disciplina de interface (pode-se formar bons investigadores operacionais que sirvam de interface entre uma área específica, digamos os transportes, e os investigadores operacionais mais matemáticos ou os próprios matemáticos; este tipo de formação faz falta nos dias que correm). Dadas estas características, não será difícil de ver que se trata de uma disciplina particularmente adaptada às mudanças do mundo actual. Essa mensagem tem que ser passada para a comunidade não académica e também para os organismos de financiamento. Trata-se de um processo de divulgação da nossa IO, que me parece importante e crucial fazer-se num futuro muito próximo.

O que se espera de um Investigador Operacional? Penso que cada vez mais se pretende um generalista, adaptável a vários contextos e circunstâncias. Tem que saber cada mais de muito e ser capaz, num curto espaço de tempo, de se adaptar a diferentes realidades. Este aspecto parece-me válido quer para o académico quer para o homem da prática. Alguém que seja capaz de trabalhar no mercado português e internacional. Muitos dos nossos jovens investigadores operacionais vão certamente procurar emprego noutros países, pelo que observar a realidade exterior é muito importante.

Como é avaliado um investigador operacional? Vou cingir-me mais ao meio académico, dado que no mundo empresarial tenho a sensação que o investigador operacional é cada vez mais apreciado pela possibilidade de se generalizar e adaptar ao meio que o rodeia. Não é muito diferente na universidade, mas a avaliação que nos foi recentemente imposta tem algumas peculiaridades que modela a forma de actuar de um investigador operacional na academia. Nós somos actualmente, eu diria, hiper-avaliados, primeiro enquanto membros dos estabelecimentos de ensino superior, depois como membros de equipas integradas em consórcios de centros; segue-se uma avaliação como membro do centro e finalmente uma avaliação individual (quando, por exemplo, o nosso CV é avaliado pela FCT para obtenção de uma bolsa de um estudante de doutoramento). Os critérios de avalia-

ção não são os mesmos. Alguns podem coincidir mas não são exactamente os mesmos, até porque somos avaliados por diferentes júris (por exemplo, os centros são avaliados por júris internacionais, algumas bolsas da FCT por júris nacionais). Não podemos pois ignorar o novo quadro da avaliação. Como a maior parte dos membros da nossa sociedade são oriundos, creio, do meio académico, há desafios que advêm pura e simplesmente desta nova realidade hiper-avaliadora.

As fontes de financiamento são cada vez menos locais (digamos, da própria empresa ou universidade). Actualmente, temos fontes de financiamento nacionais (por exemplo os subsídios da FCT), internacionais (da UE e outros), de empresas de grande dimensão, etc.

Qual será, então, o papel e desafios da APDIO ou dos seus membros individualmente para próxima década? Estou aqui a tentar responder à questão dos desafios, que a meu ver se situam a vários níveis: local (empresas e universidades), nacional e cada vez mais internacional. Algumas linhas estratégicas de acção específicas:

1. Promover a imagem da IO, nas próprias universidades (é fácil de constatar que a disciplina, embora fundamental para certos cursos, se encontra ausente dos respectivos planos curriculares), no meio empresarial (fala-se por vezes muito de optimização, mas a IO é mais do que isso), junto da comunidade em geral (a IO é fundamental para a resolução de problemas com impacto na vida da nossa sociedade) e das instituições de financiamento (a nível Europeu fizemos um grande esforço para que o nome da IO pudesse ser uma das palavras-chave nos concursos a projectos Europeus; penso que a FCT ainda não a reconhece como disciplina autónoma).
2. Promover a profissão do IO quer a nível nacional quer internacional. O mercado já não é só o mercado doméstico, sendo esta observação válida para uma larga maioria dos nossos jovens licenciados, mestres e doutores). Promover a ideia de um investigador operacional flexível/adaptável/generalizável capaz de responder à turbulência do mundo de hoje.
3. Promover consórcios entre equipas de IO, primeiro no País e depois com equipas europeias ou extra-europeias. Com estes consórcios torna-se mais fácil apresentar candidaturas a financiamentos nacionais e sobretudo internacionais. O mundo é cada vez mais das grandes coisas, e até as próprias universidades se unem para se tornarem mais poderosas na busca de

financiamentos. Hoje em dia é quase impensável que um investigador isolado se candidate a um projecto que tenha sucesso na obtenção do subsídio.

- Identificar novas áreas emergentes de potencial aplicação da IO, por exemplo, as nanotecnologias, a genética, ..., enfim, eu diria todas aquelas áreas onde é mais fácil obter financiamentos e onde a fertilização cruzada de diferentes disciplinas pode ser útil na obtenção desses financiamentos.
- Promover os investigadores operacionais portugueses no seio da comunidade científica nacional e internacional. Há certos trabalhos feitos por investigadores portugueses que devem ser conhecidos não apenas no âmbito académico. Assim, a sua reputação no seio da organização de que fazem parte melhora e pode conduzir a uma promoção.
- Incentivar os membros a tomar responsabilidades nacionais e internacionais (por exemplo, assumir a presidência da nossa sociedade ou outro cargo quando para tal for eleito e não ter receio de se candidatar, coordenar ainda mais grupos europeus de

trabalho no seio do EURO e ser membro do corpo editorial de revistas internacionais de grande prestígio). Temos que estar mais presentes a nível nacional e sobretudo internacional.

- A própria APDIO deve também criar laços mais fortes com outras sociedades. Por exemplo, por que não com as sociedades Francesa, Belga e Italiana? E passar a editar conjuntamente com estas sociedades a revista 4OR (que já está com um factor de impacto de 0.75; precisamos de mais revistas fortes de IO na Europa). Ao mesmo tempo é importante manter contactos com a América Latina e participar em projectos de desenvolvimento da IO em África e noutros países com forte potencial para desenvolvimento e aplicação da IO.
- Procurar, a própria APDIO, fontes de financiamento para ter um “pé-de-meia” mais confortável que poderá servir para financiar workshops especializadas (que, por sua vez, também são uma fonte de receitas), bolsas de curta duração no estrangeiro, etc.

- Como complemento, recomendaria a criação de um Advisory Board Internacional da APDIO, um Conselho Consultivo da APDIO, e o alargamento dos membros da Direcção dado que para todas estas tarefas é necessária mais “mão-de-obra”.

Agradecimentos: Gostaria de agradecer aos Professores Joaquim Júdice (Universidade de Coimbra) e Luís Valadares Tavares (Instituto Superior Técnico) pela oportunidade que me deram em escrever este pequeno texto de reflexão sobre os “Desafios da IO na próxima década em Portugal” e ao Professor Paulino Teixeira (Universidade de Coimbra) pela leitura atenta e valiosos comentários a uma primeira versão do presente texto.

PROJECTOS FCT APROVADOS CONCURSO TODOS OS DOMÍNIOS CIENTÍFICOS DE 2009

PTDC/EGE-GES/112232/2009

HOBÉ - Benchmarking Hospitais Portugueses

Área Científica Principal: **Economia e Gestão**
Investigador Responsável: **Maria Conceição A. S. Portela** (csilva@porto.ucp.pt)

Instituição proponente: **Universidade Católica Portuguesa (UCP)**

Instituições participantes: **Instituto de Engenharia Mecânica (IDMEC – pólo FEUP)**

Palavras chave: benchmarking, Indicadores de desempenho, Data envelopment analysis, Hospitais

PTDC/EIA-CCO/115878/2009

CPackBenchFrame - Um quadro de referência completo para experiências computacionais em problemas de cortes e empacotamentos

Área Científica Principal: **Engenharia Informática**
Investigador Responsável: **José Fernando Oliveira** (jfo@fe.up.pt)

Instituição proponente: **Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto (INESC Porto)**

Palavras chave: Experiências computacionais, Problemas de cortes e empacotamentos, Geradores de problemas e problemas de teste, Classificação de problemas

PTDC/EGE-GES/110940/2009

KEP - Novos modelos no processo de transplante renal.
Área Científica Principal: **Economia e Gestão**
Investigador Responsável: **Ana Maria Marques de Moura Gomes Viana**

Instituição proponente: **Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto (INESC Porto)**

Instituições participantes: **Autoridade para os Serviços de Sangue e de Transplantação, Faculdade de Medicina da UP, Fundação da Faculdade de Ciências (UL), Universidade do Minho**

Palavras chave: Programa de emparelhamento de rins, otimização, apoio à decisão, multi-critério

CONCURSO DE PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO NO ÂMBITO DO ACORDO DE COOPERAÇÃO ENTRE PORTUGAL E O MIT - 2009

MIT/MCA/0066/2009

Sustentabilidade económica e ambiental de sistemas de veículos eléctricos

Investigador Responsável: **Luís Miguel Cândido Dias**
Instituição proponente: **Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESC Coimbra/FCT/UC)**

MIT/SET/0018/2009

Energy Box – desenvolvimento e implementação de um sistema de gestão energética guiado pela procura
Investigador Responsável: **Carlos Henggeler Antunes**
Instituição proponente: **Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESC Coimbra/FCT/UC)**

MIT/SET/0014/2009

BioTrans - Biocombustíveis para os Transportes: redução da incerteza para a melhoria do desempenho ambiental e económico

Investigador Responsável: **Fausto Miguel Cereja Seixas Freire**

Instituição proponente: **Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial (ADAI)**

Instituições participantes: **Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESC Coimbra/FCT/UC)**

Convidam-se os sócios da APDIO a divulgar Teses de Doutoramento concluídas recentemente ou projectos aprovados pela FCT enviando um email para:

boletim.apdio@fe.up.pt