

# APDIO

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA  
DE INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL

XXI CONGRESSO  
Figueira da Foz  
7 a 8 de novembro | 2021

# io 2021

ANALYTICS FOR A —  
— BETTER WORLD

## LIVRO DE RESUMOS

Editado por

Samuel Moniz  
Isabel Cristina Lopes  
Carla Geraldes  
Maria Antónia Carravilla  
Ana Paula Barbosa Póvoa  
José Fernando Oliveira



# XXI Congresso da Associação Portuguesa de Investigação Operacional

## Livro de Resumos

**Editores:**

Samuel Moniz

Isabel Cristina Lopes

Carla Soares Geraldes

Maria Antónia Carravilla

Ana Paula Barbosa-Póvoa

José Fernando Oliveira

Figueira da Foz  
7 e 8 de novembro 2021



# Conteúdo

Comissão Organizadora .....	ix
Comissão de Programa .....	x
Edições Anteriores .....	xi
Programa Geral .....	1
Sessões Plenárias .....	3
Resumos e Posters .....	13
Lista de Autores .....	99



## Mensagem do Presidente da Direção da APDIO

"E se fizéssemos o Congresso num hotel?..."

Foram estas palavras que no início de abril, ainda o país estava sob um regime de mobilidade limitada, desbloquearam a realidade que hoje estamos a viver: o Congresso da APDIO à IO 2021. A Direção da APDIO queria promover um encontro da comunidade de Investigação Operacional, que sentia como desejado e necessário. Mas, apesar da esperança que o processo de vacinação nos trazia, os tempos ainda eram de elevada incerteza, os estabelecimentos de ensino superior estavam a funcionar em modo remoto, e as limitações aos eventos eram numerosas e fortes. A solução segura para o nosso congresso seria o modo online, e chegamos a planear um congresso online espalhado no tempo, mas estávamos todos saturados de Zoom. Queríamos fazê-lo em modo presencial. Tudo nos empurrava para adiar a decisão, mas um congresso requer a realização de preparativos com bastante antecedência. Mas como, quando nenhuma instituição de ensino superior nos cederia instalações?

"E se fizéssemos o Congresso num hotel?... Como o INFORMS faz."

De repente, muitos impossíveis passaram a estar ao alcance das nossas decisões. A escolha de uma data de Outono, época baixa hoteleira, baixava os custos do evento. Decorrendo o congresso num hotel poderíamos ter todos os participantes alojados no mesmo local, maximizando a interação e a partilha. Um local na zona centro do país facilitaria as deslocações. Mas um congresso em pleno semestre letivo não poderia ser longo. Então faziamo-lo ao longo de apenas dois dias, o primeiro dos quais um domingo. E assim, passo a passo chegámos ao IO 2021, no Hotel Eurostars Oasis Plaza, 7 e 8 de novembro.

Mas um problema neste formato de congresso parecia intransponível: não dispenho de salas para sessões paralelas, pelos custos inoportáveis que acarretariam, como ter as habituais dezenas de apresentações em apenas um dia e meio? Transformando dificuldades em oportunidades, lançou-se a ideia de todas as apresentações serem sob a forma de poster, promovendo e treinando competências de comunicação científica, com o envolvimento dos próprios participantes na votação de quais os posters que seriam alvo de uma curta apresentação, seguida de discussão. Pecha Kucha, timer, sistemas de votação, formatos, A1, A0, A2, foram termos e palavras que voaram pelos ares até se chegar ao modelo de congresso que hoje vamos tornar vivo. A adesão da comunidade de Investigação Operacional, com mais de 80 posters submetidos e cerca de 130 participantes no congresso, foi extraordinária e faz-nos acreditar que a aposta foi ganha.

Como é habitual nos congressos, procurámos um tema. Mas o momento histórico que vivíamos tornava óbvia a escolha: "Analytics for a Better World". E aqui temos que agradecer vivamente aos nossos palestrantes convidados. O colega Manuel Matos irá falar-nos da incerteza nos processos de decisão. Sabemos que a incerteza é mais a regra do que exceção, mas tem especial impacto quando vidas humanas estão em jogo, em aplicações de logística humanitária, ou na gestão de desastres. E este é o dia a dia do Eng. Sérgio Guedes Silva, que lidera a equipa de gestão da cadeia de abastecimento da World Food Program (WFP), a partir do quartel-general da WFP em Roma, e que nos falará sobre "The power of analytics in a Humanitarian Context". Missão igualmente sensível foi a que o Sr. Vice-Almirante Gouveia e Melo assumiu, ao liderar a task-force que em Portugal geriu o processo de vacinação contra a COVID-19. Para bem de Portugal, o sucesso do seu trabalho foi avassalador. Queremos acreditar que o facto de ter sido a Marinha de Portugal a introduzir em Portugal o ensino da Investigação Operacional, há mais de 50 anos, não tenha sido alheio a este sucesso. Por isso, quisemos ouvir do Sr. Vice-Almirante os principais desafios enfrentados e as lições aprendidas neste processo. A pandemia teve impactos inesperados em vários setores da economia, mas a logística é uma das atividades que ainda hoje está mais afetada e sem solução à vista para a disrupção sofrida. A gestão das cadeias de abastecimento é a área de trabalho do Pedro Amorim, e é a partir desta aplicação que irá refletir sobre como podemos alavancar a relevância prática da nossa investigação em Investigação Operacional. Mais uma vez, estamos muito gratos aos quatro palestrantes por terem aceitado o nosso convite e é com muito interesse que os iremos ouvir.

Acredito que a complexidade e incerteza associada à organização deste congresso terão ficado claras nas minhas palavras anteriores. Por isso mesmo, a Direção da APDIO não podia pedir a ninguém para organizar o congresso, tinha que o fazer ela própria. Foi assim que assumimos o papel de Comissão Organizadora. Foi assim que se passaram faturas, se geriram recebimentos, se fez o site e geriu toda

a comunicação, se prepararam templates e se fez o livro de resumos, se arrendaram salas, contrataram refeições e se construiu um programa social. Enfim, tudo o que é habitual numa conferência foi tratado pela Cristina, pela Carla, pela Maria Antónia e pela Ana, superiormente coordenados pelo incansável Samuel, a quem todos devemos uma salva de palmas: ele foi a alma e o músculo desta organização. Obrigado a todos.

Finalmente, um agradecimento muito profundo a todos os colegas da Comissão de Programa (que terão ainda a tarefa de rever os artigos que serão publicados no livro do congresso, editado pela Springer), e das comissões dos vários prémios que teremos este ano. A vossa colaboração foi fundamental para o sucesso deste modelo de congresso.

Caros sócios da APDIO. Este é o último congresso em que me dirijo a vós, enquanto Presidente da Direção da APDIO. Por isso, gostava de deixar uma palavra de agradecimento por terem confiado em mim para conduzir os destinos da associação durante 6 anos. A quem me venha a suceder só posso dizer uma coisa: Não se preocupem! Dirigir uma associação com pessoas com a qualidade, a dedicação, o entusiasmo e o empenho que os sócios da APDIO têm, é muito fácil.

E agora, vamos começar o congresso!

Figueira da Foz, 7 de novembro de 2021

José Fernando Oliveira  
Presidente da Direção da APDIO

## Nota do Presidente da Comissão de Programa

É com enorme satisfação que recebemos a vossa participação no maior evento nacional de Investigação Operacional. Com mais de 120 participantes inscritos e cerca de 80 trabalhos submetidos, o IO2021 vem dar assim continuidade à nossa importante missão de comunicar, divulgar e abordar problemas complexos que impactam a nossa sociedade, economia e ambiente. Apesar da investigação de excelência que tem vindo a ser desenvolvida, os problemas maiores continuam por resolver e, por isso, quisemos com o IO2021 desafiar a nossa comunidade a apresentar modelos, metodologias e novas perspetivas de análise que indiquem caminhos para um mundo melhor.

Tempos diferentes exigem abordagens diferentes. Reinventamos o Congresso da APDIO, num programa mais concentrado que visa inspirar os mais novos e seja facilitador de produção de conhecimento entre pares. Teremos um dia e meio de congresso com apresentações plenárias e mesas redondas, que se realizarão sempre no mesmo espaço. O dia de domingo será reservado a dois oradores destacados, o Vice-Almirante Gouveia e Melo e o Eng. Sérgio Guedes Silva, e à discussão e votação dos posters. Nas plenárias de segunda-feira, teremos os Professores Manuel Matos e Pedro Amorim, e um total de 25 apresentações de trabalhos num formato de mesas redondas. Um agradecimento muito especial aos oradores convidados pela disponibilidade e contributo. Publicamos ainda o Livro de Resumos dedicados ao XXI Congresso da Associação Portuguesa de Investigação Operacional. Pós-congresso, os artigos aceites no processo de revisão serão publicados nos Springer Proceedings in Mathematics Statistics.

Gostaria de deixar uma palavra de apreço a todos os elementos da Comissão Organizadora, Isabel Cristina Lopes, Carla Geraldes, Maria Antónia Carravilla, Ana Paula Barbosa Póvoa e José Fernando Oliveira, pelo espírito de equipa inabalável que permitiu superar os desafios da conjuntura atual. Saliento, também, o apoio do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Desejamos que o programa científico e social vá de encontro às melhores expectativas e que o IO2021 seja um evento marcante na nossa comunidade.

Figueira da Foz, 7 de novembro de 2021

Samuel Moniz

Presidente da Comissão de Programa



# Comissão Organizadora

Samuel Moniz, Universidade de Coimbra (Presidente)

Isabel Cristina Lopes, Instituto Politécnico do Porto

Carla Soares Gerales, Instituto Politécnico de Bragança

Maria Antónia Carravilla, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Ana Paula Barbosa-Póvoa, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

José Fernando Oliveira, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

# Comissão de Programa

Samuel Moniz, Universidade de Coimbra (Presidente)

Agostinho Agra, Universidade de Aveiro Departamento de Matemática

Ana Cristina Amaro, Instituto Politécnico de Coimbra ISCAC | Coimbra Business School

Beatriz Oliveira, Universidade do Porto Faculdade de Engenharia

Carla Soares Geraldès, Instituto Politécnico de Bragança

Cláudio Alves, Universidade do Minho Escola de Engenharia

Cristóvão Silva, Universidade de Coimbra

Eliana Costa e Silva, Instituto Politécnico do Porto Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Filipe Alvelos, Universidade do Minho Escola de Engenharia

Gonçalo Figueira, Universidade do Porto Faculdade de Engenharia

Isabel Cristina Lopes, Instituto Politécnico do Porto Instituto Superior de Contabilidade e Administração

Isabel Gomes, Universidade Nova de Lisboa Faculdade de Ciências e Tecnologia

João Patrício, Instituto Politécnico de Tomar Escola Superior de Tecnologia de Tomar

João Paulo Almeida, Instituto Politécnico de Bragança

Lia Oliveira, Instituto Politécnico de Viana do Castelo Escola Superior de Ciências Empresariais

Maria Cândida Mourão, Universidade de Lisboa Instituto Superior de Economia e Gestão

Maria Eugénia Captivo, Universidade de Lisboa Faculdade de Ciências

Maria João Alves, Universidade de Coimbra Faculdade de Economia

Miguel Vieira, Universidade Lusófona

Rui Borges, Universidade de Aveiro

Sofia Miranda, NPS Alumni, US Naval Postgraduate School

Susana Relvas, Universidade de Lisboa Instituto Superior Técnico

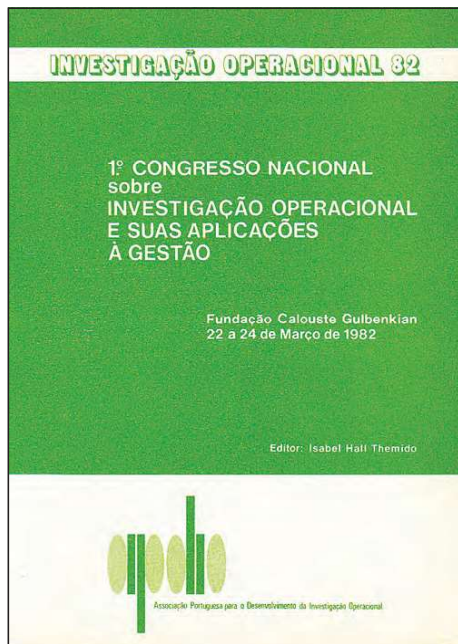
Tânia Ramos, Universidade de Lisboa Instituto Superior Técnico

Telmo Pinto, Universidade de Coimbra

Teresa Cardoso Grilo, Instituto Universitário de Lisboa ISCTE Business School

Edições Anteriores





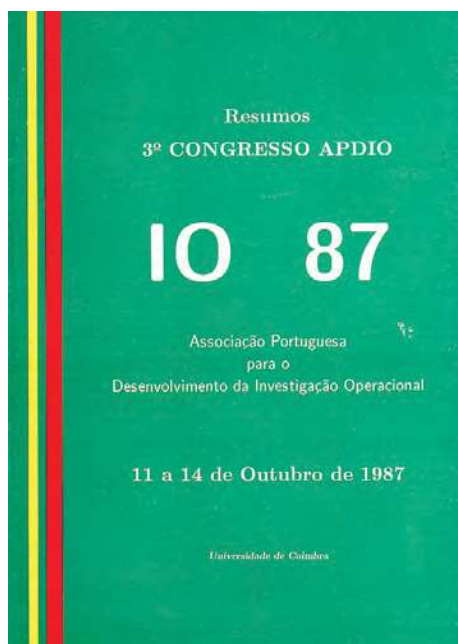
### 1º Congresso da APDIO

Lisboa, 22 a 24 de março de 1982  
 Fundação Calouste Gulbenkian  
 Presidente da Comissão Organizadora  
 Aníbal Durães Santos



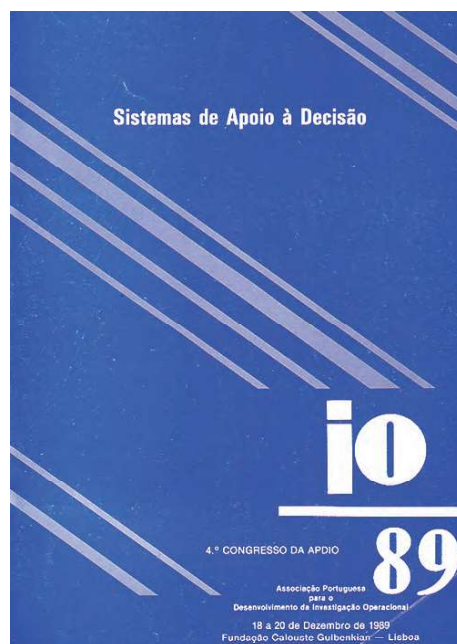
### 2º Congresso da APDIO

Porto, 16 a 18 de abril de 1984  
 Faculdade de Economia da Universidade do Porto  
 Presidente da Comissão Organizadora  
 Rui Guimarães



### 3º Congresso da APDIO

Coimbra, 11 a 14 de outubro de 1987  
 Universidade de Coimbra  
 Presidente da Comissão Organizadora  
 Mário da Silva Rosa



### 4º Congresso da APDIO

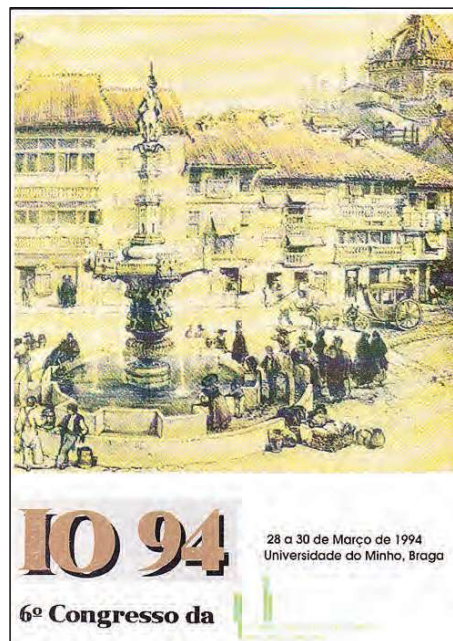
Lisboa, 18 a 20 de dezembro de 1989  
 Fundação Calouste Gulbenkian  
 Presidente da Comissão Organizadora  
 A. J. Simões Monteiro



### 5º Congresso da APDIO

Évora, 13 a 15 de abril de 1992  
Universidade de Évora

Presidente da Comissão de Programa  
José Rodrigues Dias  
Presidente da Comissão Organizadora  
Rui Guimarães



### 6º Congresso da APDIO

Braga, 28 a 30 de março de 1994  
Universidade do Minho

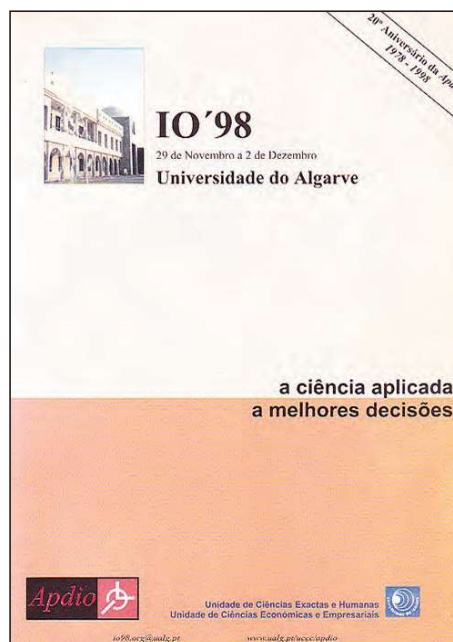
Presidente da Comissão de Programa  
Jorge Pinho de Sousa  
Presidente da Comissão Organizadora  
A. Guimarães Rodrigues



### 7º Congresso da APDIO

Aveiro, 1 a 3 de abril de 1996  
Universidade de Aveiro

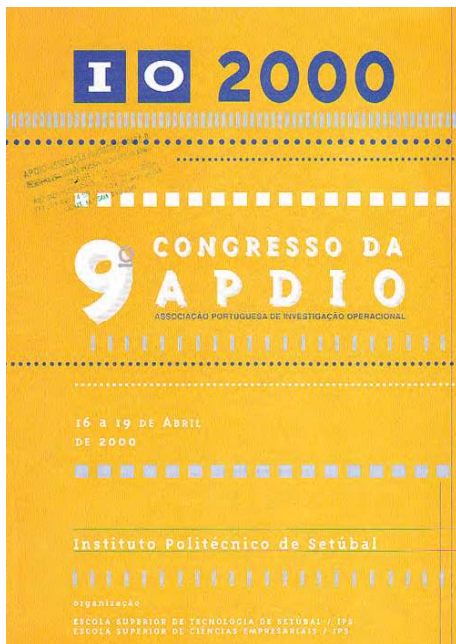
Presidente da Comissão de Programa  
Carlos Bana e Costa  
Presidente da Comissão Organizadora  
Domingos Moreira Cardoso



### 8º Congresso da APDIO

Faro, 29 de novembro a 2 de dezembro de 1998  
Universidade do Algarve

Presidente da Comissão de Programa  
José Pinto Paixão  
Presidente da Comissão Organizadora  
Fernanda Marília Pires

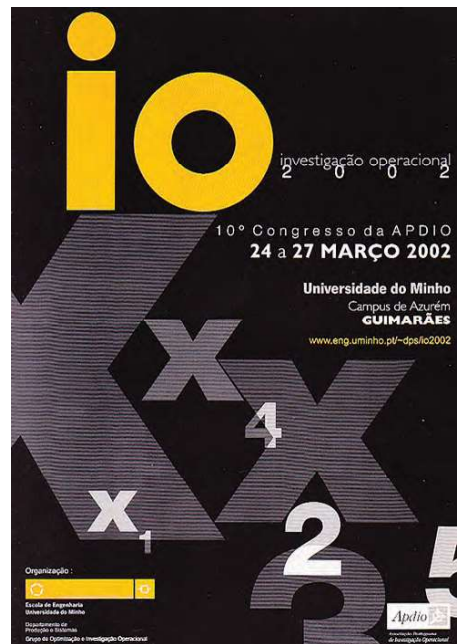


### 9º Congresso da APDIO

Setúbal, 16 a 19 de abril de 2000  
Instituto Politécnico de Setúbal

Presidente da Comissão de Programa  
Carlos Henggeler Antunes

Presidente da Comissão Organizadora  
Carlos Luz



### 10º Congresso da APDIO

Guimarães, 24 a 27 de março de 2002  
Universidade do Minho

Presidente da Comissão de Programa  
José Fernando Oliveira

Presidente da Comissão Organizadora  
José Valério de Carvalho



### 11º Congresso da APDIO

Porto, 4 a 7 de abril de 2004  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Presidente da Comissão de Programa  
Joaquim João Júdice

Presidente da Comissão Organizadora  
Rui Guimarães

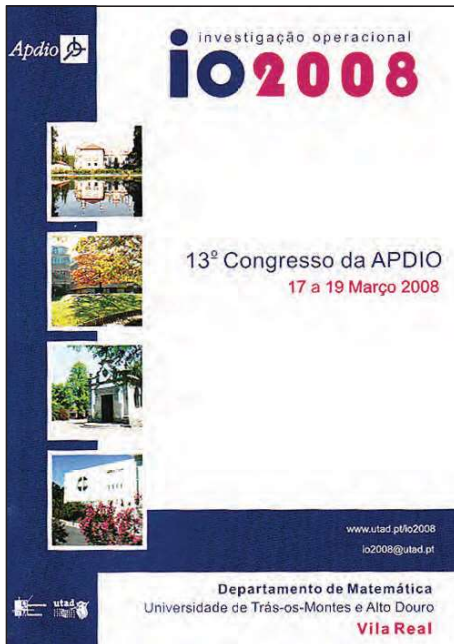


### 12º Congresso da APDIO

Lisboa, 8 a 11 de outubro de 2006  
ISEG - Universidade Técnica de Lisboa

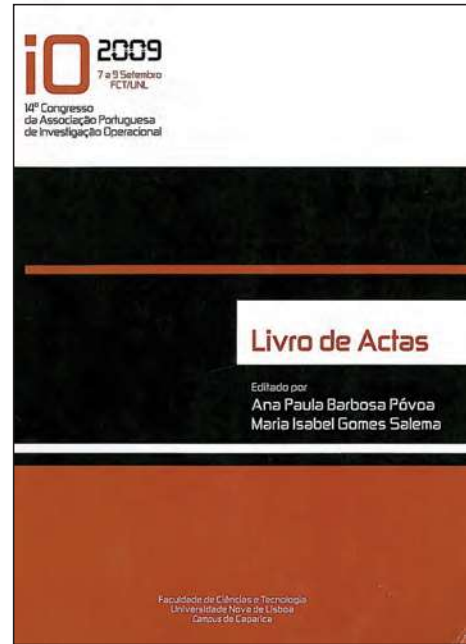
Presidente da Comissão de Programa  
Pedro Oliveira

Presidente da Comissão Organizadora  
Margarida Vaz Pato



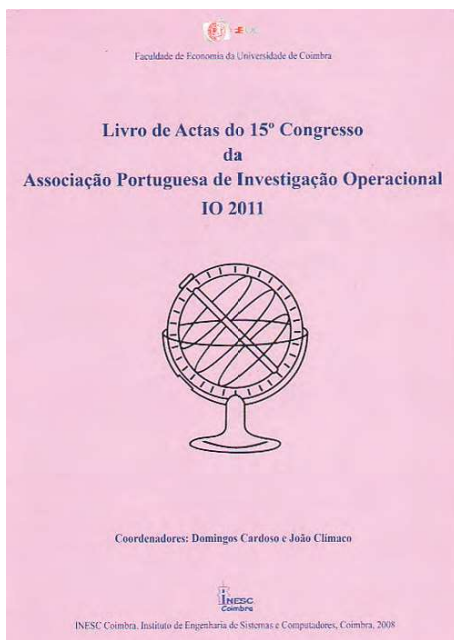
### 13º Congresso da APDIO

Vila Real, 17 a 19 de março de 2008  
 Universidade de Trás os Montes e Alto Douro  
 Presidente da Comissão de Programa  
 Maria Eugénia Captivo  
 Presidente da Comissão Organizadora  
 Ana Paula Teixeira



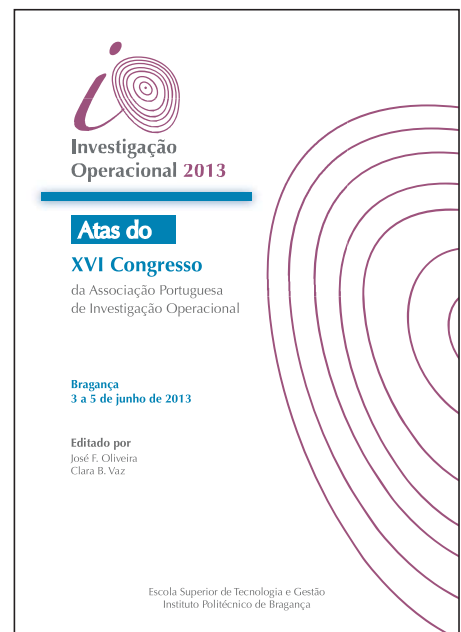
### 14º Congresso da APDIO

Caparica, 7 a 9 de setembro de 2009  
 FCT - Universidade Nova de Lisboa  
 Presidente da Comissão de Programa  
 Ana Barbosa Póvoa  
 Presidente da Comissão Organizadora  
 Ruy Costa



### 15º Congresso da APDIO

Coimbra, 18 a 20 de abril de 2011  
 Universidade de Coimbra  
 Presidente da Comissão de Programa  
 Domingos Moreira Cardoso  
 Presidente da Comissão Organizadora  
 João Clímaco



### 16º Congresso da APDIO

Bragança, 3 a 5 de junho de 2013  
 Instituto Politécnico de Bragança  
 Presidente da Comissão de Programa  
 José Fernando Oliveira  
 Presidente da Comissão Organizadora  
 Clara Bento Vaz

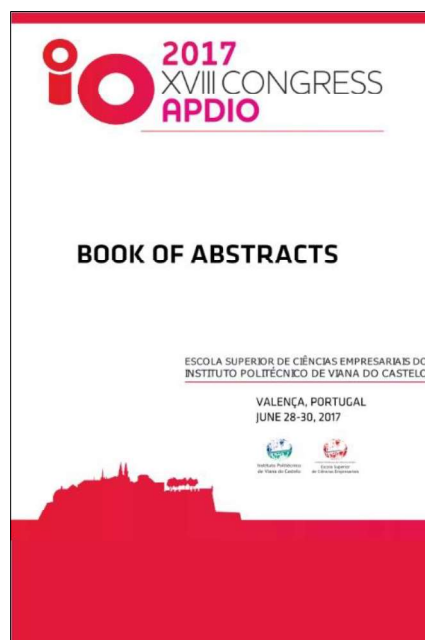


### 17º Congresso da APDIO

Portalegre, 7 a 9 de setembro de 2015  
Instituto Politécnico de Portalegre

Presidente da Comissão de Programa  
Ana Paula Barbosa-Póvoa

Presidente da Comissão Organizadora  
João Luís de Miranda



### 18º Congresso da APDIO

Valença, 28 a 30 de junho de 2017  
Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Presidente da Comissão de Programa  
António Ismael Freitas Vaz

Presidente da Comissão Organizadora  
Lia Oliveira



### 19º Congresso da APDIO

Aveiro, 5 a 7 de setembro de 2018  
Universidade de Aveiro

Presidente da Comissão de Programa  
Maria João Alves

Presidentes da Comissão Organizadora  
Ana Raquel Xambre  
Helena Alvelos



### 20º Congresso da APDIO

Tomar, 22 a 24 de julho de 2019  
Instituto Politécnico de Tomar

Presidente da Comissão de Programa  
Susana Relvas

Presidente da Comissão Organizadora  
João Patrício

# Programa Geral

Time	November 7 <sup>th</sup>	Time	November 8 <sup>th</sup>
15:00	Hotel check-in & get together	07:30	Breakfast
16:00	Welcome drink & poster discussion and voting	08:30	Plenary session Manuel Matos
17:00	Opening remarks & Plenary session Vice-Almirante Gouveia e Melo	09:15	Round table 1
17:45	Coffee break & poster discussion and voting	10:15	Coffee break & poster discussion
18:30	Plenary session Sérgio Guedes Silva	11:00	Round table 2
19:15	Walking to the dinner	12:00	Hotel check-out
20:00	Cocktail and Conference dinner	12:30	Lunch
		14:00	Round table 3
		15:00	Plenary session Pedro Amorim
		15:45	Round table 4
		16:45	Coffee break & poster discussion
		17:30	Round table 5
		18:30	Awards & closing remarks



## Sessões Plenárias

Submissão #19

A resectorization of fire brigades in the north of Portugal

Maria Margarida Lima, Elif Goksu Ozturk, Filipe S. de Sousa, Cristina Lopes, Cristina Teles, Ana Maria Rodrigues, Ana Catarina Nunes, José Soeiro Ferreira

Sectorization can be regarded as a division of a territory into smaller regions to deal with a complex problem involving multiple-criteria. Resectorization intends to achieve another sectorization, according to some new conditions but avoiding substantial changes. An example of this can be the distribution of geographical areas by fire brigades. In Portugal, fire brigades must protect and rescue the population in the areas surrounding their fire stations. So we will use the current sectorization, the geographic and population characteristics of the areas and the fire brigades' response capacity to provide an optimized resectorization, in order to decrease rescue time. To achieve that, we will use a decision support system using different optimization methods, such as Non dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA II), which provides an effective sectorization concerning compactness and equilibrium criteria. This work is financed by the ERDF - European Regional Development Fund through the Operational Programme for Competitiveness and Internationalisation - COMPETE 2020 Programme and by National Funds through the Portuguese funding agency, FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia within project POCT-01-0145-FEDER-031671.

**Keywords:** Sectorization, Resectorization, Fire Brigades, Multiple-criteria

**A resectorization of fire brigades in the north of Portugal**

Maria Margarida Lima<sup>1</sup>, Elif Goksu Ozturk<sup>2,3</sup>, Filipe Sousa<sup>4</sup>, Cristina Lopes<sup>1</sup>, Cristina Teles<sup>1</sup>, Ana Maria Rodrigues<sup>1,2</sup>, Ana Catarina Nunes<sup>4,6</sup> and José Soeiro Ferreira<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>CEOS-PP, ISCAP, Politécnico do Porto, <sup>2</sup>INESCTEC - Technology and Science, <sup>3</sup>FEUP - Faculty of Engineering, University of Porto, <sup>4</sup>ISCTE - Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, <sup>5</sup>FEUP, Faculty of Engineering, University of Porto, <sup>6</sup>CMAR-IO, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

**Is the sectorization of Portuguese fire brigades already optimised?**  
Using the current sectorization, the geographic and population characteristics and the fire brigades' response capacity we provide an optimised resectorization, to decrease rescue time.

**Sectorization:** division of a region into smaller regions.

**Resectorization:** to achieve another division of a region according to some new conditions but avoiding substantial changes, maintaining some degree of similarity between the solutions.

**Capacity of each fire brigade ( $c_i$ ):**  
$$c_i = 0,5g_1A_i + 0,3g_2V_i + 0,2E_i$$
  
 $A_i$  - number of ambulances in brigade  $i$   
 $V_i$  - number of fighting vehicles (forest and industrial) in brigade  $i$   
 $E_i$  - adimensional number of firefighters in brigade  $i$   
 $g_1, g_2$  - constant parameters

**Demand of each subregion ( $s_j$ ):**  
$$s_j = 0,6P_j + 0,4Q_j$$
  
 $P_j$  - adimensional population in subregion  $j$   
 $Q_j$  - adimensional area of subregion  $j$

**Sectors must be:**

- **Balanced**  
Minimise the standard deviation of the occupancy percentage of fire brigade  $i$  in order to obtain balanced sectors  
$$\min \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M (k_i - \bar{k})^2}{N}}$$
  
where  $k_i = \frac{c_i}{s_i}$  is the percentage of used capacity of fire brigade  $i \in \{1, \dots, M\}$ ,  $\bar{k}$  is the average of  $k_i$  and  $s_j$  is the demand of the subregion  $j$ , if  $j$  is assigned to the fire brigade  $i$  and zero otherwise.
- **Compact**  
Minimise the distance between fire brigades and subregions, weighted by the demand of each subregion, in order to obtain compact sectors  
$$\min \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N d_{ij} s_j$$
  
where  $d_{ij}$  is the distance between brigade  $i \in \{1, \dots, M\}$  and subregion  $j \in \{1, \dots, N\}$ .

Current sectorization has 0.284 of equilibrium and 0.035 of compactness

The optimal resectorization has 0.053 of equilibrium and 0.037 of compactness with a similarity of 70.3%

**Contributions:**  
**OPTIMISE SECTORIZATION AND MINIMISE RESCUE TIME**

Work developed by the team of FCT Project StoSS, with precious collaboration of fire brigades in the north of Portugal region.

INESCTEC CEOS-PP ISCTE-IUL APDIO io2021

This work is financed by the ERDF - European Regional Development Fund through the Operational Programme for Competitiveness and Internationalisation - COMPETE 2020 Programme and by National Funds through the Portuguese funding agency, FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia within project POCT-01-0145-FEDER-031671.