

# **ELECTRICITY MARKET TRANSFORMATION - A MULTI-OBJECTIVE MODELLING APPROACH TO SUPPORT STRATEGIC DECISIONS**

## **MODELOS MULTI-OBJECTIVO PARA APOIO À TOMADA DE DECISÕES NUM MERCADO DE ELECTRICIDADE EM TRANSFORMAÇÃO**

PROJECTO N° POCTI/ESE/38422/2001

01/07/2002 – 31/7/2006

### **Equipa de investigação**

- Carlos Henggeler Antunes (Investigador responsável)
- António Gomes Martins
- Álvaro Gomes
- Humberto Jorge
- Luís Neves
- João Clímaco
- Carla Oliveira
- Patrícia Pereira da Silva

### **Resumo dos trabalhos desenvolvidos**

O contexto do projecto é o estudo de abordagens de transformação de mercado (TM), tendo em conta que a promoção da eficiência energética tem evoluído nos últimos anos para aproximações mais abrangentes, no sentido em que se procuram contribuições de todos os envolvidos no mercado e não apenas dos participantes em programas de condicionamento da procura.

As principais áreas de intervenção foram o controlo remoto de cargas, a estruturação do processo de avaliação de iniciativas de eficiência energética, o desenvolvimento de metodologias para avaliação de iniciativas de eficiência energética, questões técnicas e operacionais relativas à qualidade de serviço (modelos para compensação do factor de potência em redes de distribuição, simulação do desempenho energético de edifícios), a modelação das interacções energia-ambiente-economia usando técnicas de análise input-output, o estudo dos processos de liberalização e comportamento dos mercados grossistas de electricidade, e técnicas de previsão de carga num horizonte de curto prazo.

No que se refere ao apoio à tomada de decisões em problemas de controlo remoto de cargas foi desenvolvido um modelo de programação matemática com múltiplas funções objectivo (maximização do lucro, minimização da ponta a diversos níveis de agregação das cargas, minimização do factor de perdas e minimização do desconforto imposto ao utilizador pelo

deslastre das cargas), dada a importância da resposta do lado da procura num mercado de electricidade liberalizado. Esta diversidade de eixos de avaliação, operacionalizados através de funções objectivo a otimizar, permite adaptar este modelo às diversas entidades intervenientes no mercado de electricidade. Este trabalho teve como base a construção de uma plataforma e métodos de modelação e/ou simulação de medidas de transformação de mercado, com identificação de factores que influenciam a sua implementação, com vista à sua aplicação a modelos de usos finais.

Dada a dimensão e complexidade do modelo matemático, sobretudo devido ao seu carácter combinatório, a equipa de investigação desenvolveu uma abordagem metodológica baseada em algoritmos genéticos/programação evolucionária especialmente adequada. Esta abordagem metodológica acabou por revelar-se com um valor intrínseco, e não meramente instrumental, em aspectos relativos à construção dos operadores genéticos como o carácter adaptativo da probabilidade de mutação, a utilização de pontos de referência para reforço do mecanismo de elitismo, e o conceito de delta-dominância para a obtenção de soluções suficientemente distintas na fronteira óptima de Pareto.

Outra vertente do trabalho de I&D consistiu no desenvolvimento conceptual, numa utilização pioneira da Soft Systems Methodologies (SSM) neste contexto, de um instrumento de análise do processo de avaliação de iniciativas de eficiência energética. A estruturação efectuada com recurso a SSM permite reconhecer todos os actores do processo (entidade reguladora, governo, agência de energia, consumidores, companhias de serviços de electricidade, companhias distribuidoras, etc.), bem como identificar as suas relações, no sentido de providenciar apoio à tomada de decisões a diferentes promotores (quer públicos, quer privados) de iniciativas de eficiência energética. Com base neste trabalho foi efectuada a construção de árvores de critérios dedicadas a cada potencial actor do processo no quadro de um sistema de apoio multicritério à decisão. Por fim, foi desenvolvido e implementado computacionalmente um sistema de apoio à decisão multicritério dedicado à categorização (em classes de mérito ordenadas) de iniciativas de eficiência energética.

No contexto mais vasto de TM, foi ainda prestada particular atenção aos impactos a nível local/municipal das acções de promoção da eficiência energética. Neste sentido, foi efectuado um detalhado levantamento do "estado da arte" relativo à Agenda 21, no que se refere a estudos de casos de iniciativas de autoridades locais em apoio à Agenda 21. Foi ainda iniciada a estruturação, usando também a abordagem SSM, de problemas de planeamento energético a nível local/municipal, com particular ênfase no impacto das acções de promoção da eficiência energética. Neste quadro, foram realizados estudos de técnicas de simulação do desempenho energético de edifícios.

Em áreas de carácter mais técnico/operacional foram prosseguidas vias de investigação relativas à qualidade de serviço, através do desenvolvimento de um modelo multi-objectivo para apoio à localização de condensadores para compensação do factor de potência tratado com meta-heurísticas Tabu Search e com algoritmos genéticos, bem como do planeamento de sistemas electroprodutores usando um modelo multi-objectivo de programação inteira mista.

Os algoritmos para previsão de curto prazo (horizonte temporal de uma hora) são de grande importância para tornar mais eficazes as acções de planeamento, operação e controlo dos sistemas de energia eléctrica. No contexto da progressiva liberalização do sector energético, foram desenvolvidas metodologias baseadas em redes neuronais para previsão de carga. Foram aplicadas técnicas matemáticas de reconstrução de processos ao processo estocástico subjacente, usando codificação e entropia ("block entropy") para caracterizar a medida e a gama de memória. O conceito de tendência de consumo em dias homólogos das semanas anteriores foi também usado para desenvolver um modelo do tipo não sensível a aspectos climáticos.

Na área do estudo das interações energia-ambiente-economia foram desenvolvidos modelos de programação matemática multiobjectivo, baseados em análise input-output, tendo

sido utilizadas *packages* de *software* desenvolvidas pela equipa de investigação (em particular, no que se refere a problemas de programação linear multiobjectivo).

Dada a importância da área dos mercados de energia, foram desenvolvidas metodologias para análise dos processos de liberalização e comportamento dos mercados grossistas de electricidade, em particular no que se refere à dinâmica de preços.

Durante a execução do projecto foram aprovadas na Universidade de Coimbra quatro Teses de Doutoramento (três em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, especialidade de Sistemas de Energia, e uma em Organização e Gestão de Empresas, especialidade de Finanças Empresariais), cujos trabalhos de investigação e desenvolvimento decorreram, total ou parcialmente, no âmbito do projecto

No âmbito do projecto foi organizada na Conferência Internacional Optimization 2004, realizada em Lisboa, uma sessão com participantes portugueses, espanhóis e italianos sobre aplicação de técnicas de optimização no sector energético.

No quadro do projecto, a equipa de investigação organizou um evento científico internacional realizado na Universidade de Coimbra, a 19<sup>th</sup> *Mini EURO Conference on Operational Research Models and Methods in the Energy Sector - ORMMES 2006* (6-8 Setembro 2006). Esta conferência deu origem à edição de um volume de Proceedings, com revisão pelos pares. Com base nas comunicações apresentadas neste evento serão organizados números especiais das revistas científicas *European Journal of Operational Research*, *Energy Policy* e *International Journal of Energy Sector Management*.

Durante a respectiva execução, o projecto contou com 3 bolseiros que trabalharam nas seguintes áreas:

- desenvolvimento de modelos multi-objectivo baseados em análise input-output para caracterização dos *tradeoffs* a estabelecer entre múltiplos, conflituosos e incomensuráveis aspectos de avaliação no quadro do estudo das interacções energia-ambiente-economia;
- programação computacional de algoritmos (método TRIMAP para problemas de programação linear multi-objectivo e um método baseado na decomposição do espaço paramétrico) necessários para a obtenção de resultados com os modelos desenvolvidos;
- técnicas de simulação do desempenho energético de edifícios.

## **Publicações**

(publicações com origem no projecto, listadas por categorias)

### **Livros, volumes de *Proceedings* e edições especiais de revistas científicas**

Antunes, C. Henggeler, A. G. Martins (Editors), *Annals of Operations Research*, volume 120, "Operations Research Models for Energy Policy, Planning and Management - part I". Kluwer Academic Publishers, 2003.

Antunes, C. Henggeler, A. G. Martins (Editors), *Annals of Operations Research*, volume 121, "Operations Research Models for Energy Policy, Planning and Management - part II". Kluwer Academic Publishers, 2003.

Antunes, C. Henggeler, A. Gomes (Eds.), "Operational Research Models and Methods in the Energy Sector". Proceedings of the 19<sup>th</sup> Mini-EURO Conference, Coimbra, September 2006. Em CD-ROM (ISBN 989-95055-0-1).

### **Teses**

Gomes, Álvaro Filipe C. P. Oliveira. "Identificação e apoio à selecção de estratégias de controlo directo de cargas - uma abordagem multi-objectivo evolucionária". Tese de

Doutoramento em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, especialidade de Sistemas de Energia, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2004.

Neves, Luís Miguel Pires. "Avaliação multicritério de iniciativas de eficiência energética". Tese de Doutoramento em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, especialidade de Sistemas de Energia, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2005.

Santos, Paulo Jorge da Costa. "Previsão de cargas em horizonte de curto-prazo aplicada a subestações de distribuição". Tese de Doutoramento em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, especialidade de Optimização e Teoria dos Sistemas, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2005.

Silva, Patrícia Pereira da, "Processo de liberalização e comportamento dos mercados grossistas de electricidade – uma abordagem à dinâmica de preços". Tese de Doutoramento em Organização e Gestão de Empresas, especialidade de Finanças Empresariais, Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, 2006.

### **Publicações em revistas científicas e capítulos de livros (com arbitragem pelos pares)**

Alves, M. J., J. Clímaco, C. Henggeler Antunes, H. Jorge, A. G. Martins. "Stability analysis of efficient solutions in multiobjective integer programming: a case study in load management". Aceite para publicação em *Computers and Operations Research*.

Antunes, C. H., A. G. Martins. "Preface". *Annals of Operations Research*, volumes 120/121, "Operations Research Models for Energy Policy, Planning and Management". C. Henggeler Antunes, A. G. Martins (Editors), Kluwer Academic Publishers, pp. 15-17, 2003.

Antunes, C. H., C. Oliveira, J. Clímaco. "A study of the interaction between the energy system and the economy using TRIMAP". In "Aiding Decisions with Multiple Criteria - Essays in Honor of Bernard Roy ", D. Bouyssou, E. Jacquet-Lagrèze, P. Perny, R. Slowinski, D. Vanderpooten, Ph. Vincke (Eds.), 407-427, Kluwer Academic Publishers, 2002.

Antunes, C. Henggeler, A. G. Martins, I. S. Brito. "A multiple objective mixed integer linear programming model for power generation expansion planning". *Energy*, vol 29, nº. 4, 613-627, 2004.

Diakoulaki, D., C. Henggeler Antunes, A. G. Martins "MCDA and energy planning". In "Multiple Criteria Decision Analysis - State of the Art Surveys", J. Figueira, S. Greco, M. Erghott (Eds.). *Int. Series in Operations Research and Management Science*, vol. 78, 859-897, Springer, 2005.

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. Martins. "A multiple objective evolutionary approach for the design and selection of load control strategies". *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 19, no. 2, 1173-1180, 2004.

Martins, J. F., P. J. Santos, A. J. Pires, L. E. Borges da Silva, R. V. Mendes, "Entropy Based Choice of a Neural Network Drive Model". Aceite para publicação em *IEEE Transactions on Industrial Electronics*.

Neves, L., A. Martins, C. Henggeler Antunes, L. Dias. "Using SSM to rethink the analysis of energy efficiency initiatives". *Journal of the Operational Research Society*, vol. 55, 968-975, 2004.

Oliveira, C., C. Henggeler Antunes. "A Multiple Objective Model to Deal with Energy-Environment Interactions". *European Journal of Operational Research*, vol 153, 370-375, 2004.

Oliveira, C., C. Henggeler Antunes. "A multiple objective model to deal with E3 problems". IASME Transactions on Power Systems, issue 3, vol. 2, 317-324, 2005.

Pires, D. F., A. G. Martins, C. Henggeler Antunes. "A multiobjective model for VAR planning in radial distribution networks based on tabu search". IEEE Transactions on Power Systems, vol. 20, no. 2, 1089-1094, 2005.

Pires, D. F., A. G. Martins, C. Henggeler Antunes. "Modelo multi-objetivo para apoio à localização de condensadores em redes radiais de distribuição". Investigação Operacional, vol. 24, nº 21, 139-157, 2004.

Santos, P., A. G. Martins, A. Pires, "Designing the input vector to ANN-based models for short-term load forecast in electricity distribution systems". Aceite para publicação em International Journal of Electrical Power & Energy Systems.

Santos, P., A. G. Martins, A. Pires, "On the use of reactive power as an endogenous variable in short-term load forecasting", International Journal of Energy Research, vol. 27, 513-529, 2003.

Santos, P., A. G. Martins, A. Pires, J. Martins, R. Mendes. "Short-term load forecast using trend information and process reconstruction", International Journal of Energy Research, vol 30, no. 10, 811-822, 2005.

#### **Publicações proceedings de conferências (com arbitragem pelos pares)**

Antunes, C. H., C. Barrico, A. Gomes, D. F. Pires, A. G. Martins. "On the Use of Evolutionary Algorithms for Reactive Power Compensation in Electrical Distribution Networks – Experiments on a Case Study". Proceedings of the 6th Metaheuristics International Conference MIC 2005, 514-519, Viena, Áustria, Agosto 2005.

Clímaco, J., J. Craveirinha, C. H. Antunes. "Note on the role of strategic power planning in a deregulated environment". Proceedings of the 19<sup>th</sup> Mini-EURO Conference; C. Henggeler Antunes and A. Gomes (Eds.), Setembro 2006, Coimbra (em CD-ROM).

Clímaco, J., M. J. Alves, C. Henggeler Antunes, H. Jorge, A. G. Martins. "A multicriteria approach for the choice of remote load control strategies". Apresentado em CSM'04 - 18th Workshop on Methodologies and Tools for System Modeling and Integrated Policy Assessment, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Áustria, Setembro 2004. Disponível em [www.iiasa.ac.at/~marek/ftppub/Pubs/csm04/climaco\\_a.pdf](http://www.iiasa.ac.at/~marek/ftppub/Pubs/csm04/climaco_a.pdf).

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. G. Martins. "Design of an adaptive mutation operator in an electric load management case study". Late-Breaking Papers, GECCO 2005 - Genetic and Evolutionary Computation Conference, Washington, USA, June, 2005.

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. G. Martins. "Design and selection of load control strategies using a multiple objective model and evolutionary algorithms". Proceedings of the 7th IAEE European Energy Conference, Bergen, Noruega, Agosto 2005.

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. Martins. "Dealing with solution diversity in an EA for multiple objective decision support - a case study". Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization, Lecture Notes in Computer Science no. 3004, J. Gottlieb, G. R. Raidl (Eds.), Proceedings EvoCOP 2004, 104-113, Springer-Verlag, 2004.

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. Martins. "Implementation of guiding mechanisms and incorporation of preferences in an EA for electric load management". Proceedings of the Third IASTED International Conference on Power and Energy Systems, Marbella, Espanha, Setembro 2003. C. Alvarez and M.H. Hamza (Eds.), 237-243.

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. Martins. "Incorporating elitism in NSGA for decision support in load management". Proceedings of the IMACS-IEEE/SMC Multiconference Computational Engineering in Systems Applications CESA'2003, Lille, França, Julho 2003. P. Borne, E. Craye, N. Dangoumau (Eds.) (em CD-ROM ISBN 2-9512309-5-8).

Madlener, R., C. H. Antunes, L. Dias. "Multi-criteria versus data envelopment analysis for assessing the performance of biogas plants". Proceedings of the 19<sup>th</sup> Mini-EURO Conference; C. Henggeler Antunes and A. Gomes (Eds.), Setembro 2006, Coimbra (em CD-ROM).

Neves, L., A. Martins, C. Henggeler Antunes, L. Dias. "Development of multicriteria models to classify energy efficiency alternatives". ECEEE 2005 Summer Study Proceedings "Energy savings: What Works & Who Delivers", Sophie Attali, Kenya Tillerson (Eds.), Junho 2005, Mandelieu, França.

Oliveira, C., C. Henggeler Antunes, "A multiple objective model to deal with E3 problems", WSEAS / IASME International Conference Energy, Environment, Ecosystems, Sustainable Development, Atenas, Grécia, Julho 2005.

Oliveira, C., C. Henggeler Antunes. "An input-output multi-objective approach to study energy-economy-environment interactions". Proceedings of the 6<sup>th</sup> IAEE International Conference "Modelling in Energy Economics and Policy", Setembro 2004, Zurich, Switzerland (em CD-ROM). Disponível em [http://www.sae.ch/sae2004/Oliveira\\_Antunes\\_Henggeler\\_IAEE.pdf](http://www.sae.ch/sae2004/Oliveira_Antunes_Henggeler_IAEE.pdf).

Oliveira, C., C. Henggeler Antunes. "A multiobjective model with uncertain data for macroeconomic - energy - environment studies". 29th IAEE International Conference, Potsdam, Alemanha, Junho 2006.

Pires, D. F., C. H. Antunes, A. G. Martins "A genetic multiobjective approach to capacitor location in distribution networks". Proceedings of the 19<sup>th</sup> Mini-EURO Conference; C. Henggeler Antunes and A. Gomes (Eds.), Setembro 2006, Coimbra (em CD-ROM).

Pires, D. F., V. F. Pires, C. Henggeler Antunes, A. G. Martins "Passive and Active Anti-Resonance Capacitor Systems for Power Factor Correction". Proceedings of the EPE-PEMC 2006 - 2th International Power Electronics and Motion Control Conference, Portoroz, Eslovénia, Setembro 2006.

Santos, P., A. G. Martins, A. Pires, "A Previsão de Cargas em Subestações de Distribuição", 6th Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission, 13-17 November, Mar-del-Plata, Argentina, 2005.

Santos, P., A. G. Martins, A. Pires, "Estimating load diagrams in electricity substations". Proceedings of the 12th Intelligent Systems Application to Power Systems Conference ISAP 2003, August 31-September 3, Lemnos, Greece, 2003.

Santos, P., A. G. Martins, A. Pires, "Next hour load forecast in medium voltage electricity distribution". Proceedings of the 19<sup>th</sup> Mini-EURO Conference; C. Henggeler Antunes and A. Gomes (Eds.), Setembro 2006, Coimbra (em CD-ROM).

Santos, P., A. G. Martins, A. Pires, "Short-term Load Forecasting Based on ANN applied to Electrical Distribution Substations", 39th International Universities Power Engineering Conference UPEC 2004, 6-8 September, Bristol, UK, 427-432, 2004.

Silva, P. P., I. Soares, "Spot prices and industry structure: assessing electricity market integration". Proceedings of the 19<sup>th</sup> Mini-EURO Conference; C. Henggeler Antunes and A. Gomes (Eds.), Setembro 2006, Coimbra (em CD-ROM).

Silva, P. P., I. Soares, "The Iberian Electricity Supply Industry in transition: market structure and price volatility", Proceedings of the 6<sup>th</sup> IAEE International Conference

"Modelling in Energy Economics and Policy", Setembro 2004, Zurich, Switzerland (em CD-ROM).

Silva, P.P., I. Soares, "The likelihood of market integration: the role of day-ahead prices and industry design", Proceedings of the 7th IAEE European Energy Conference, Bergen, Noruega, Agosto 2005 (em CD-ROM).

### **Apresentações em conferências (sem *Proceedings*)**

Barrico, C., C. H. Antunes, A. Gomes, D. F. Pires, A. G. Martins. "Uma abordagem baseada num algoritmo genético elitista para planeamento multi-objectivo da compensação do factor de potência em redes de distribuição radiais". 11º Congresso da Associação Portuguesa de Investigação Operacional, Porto, Abril 2004.

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. Martins "A multiple objective model for the identification of load management actions", 21st Conference on Operational Research, Reykjavik, Islândia, Julho 2006.

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. Martins. "Parameter selection in a GA for multiobjective problems: a case study". MOMH - Workshop on Multiple-Objective Metaheuristics, Paris, Novembro 2002.

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. Martins. "An evolutionary algorithm for reactive power compensation in radial distribution networks", Optimization 2004, Lisboa.

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. Martins. "Utilização de algoritmos genéticos para a identificação e escolha de acções de condicionamento da procura de energia". 10º Congresso Português de Investigação Operacional, Guimarães, 2002.

Neves, L., A. G. Martins, C. H. Antunes, L. Dias . "Construção de modelos multicritério através de SSM: um caso de estudo no âmbito da eficiência energética". 11º Congresso da Associação Portuguesa de Investigação Operacional, Porto, Abril 2004.

Oliveira, C., C. Henggeler Antunes. "Energy-environment modeling – a multiobjective approach to deal with uncertain coefficients". XVIIIth International Conference on Multiple Criteria Decision Making, Chania, Grécia, Junho 2006.

Pires, D. F., C. H. Antunes, A. G. Martins. "Modelo multi-objectivo para apoio à localização de condensadores em redes radiais de distribuição", 10º Congresso Português de Investigação Operacional, Guimarães, 2002.

Neves, L., A. Martins, C. Henggeler Antunes, L. Dias. "Using SSM to rethink the analysis of energy efficiency initiatives". 13<sup>th</sup> Young Operational Research Conference, Bath, Reino Unido, Setembro 2003.

### **Relatórios de investigação**

Antunes, C. H., A. G. Martins, I. S. Brito. "A multiple objective mixed integer linear programming model for power generation expansion planning". Relatório de Investigação nº. 9/2002, INESC Coimbra. \*

Coelho, D. "A Agenda 21 Local – Casos de Estudo/Iniciativas das autoridades locais em apoio à Agenda 21".

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. Martins. "A multiple objective evolutionary approach for the design and selection of load control strategies". Relatório de Investigação do INESC Coimbra, nº 5/2003. \*

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. Martins. "Adaptive mutation probability as a tool to incorporate knowledge in an evolutionary algorithm for multiobjective electricity planning". Relatório de Investigação nº. 7/2002, INESC Coimbra.

Madlener, R., C. Henggeler Antunes, L. Dias. "Multi-criteria versus data envelopment analysis for assessing the performance of biogas plants". Relatório de Investigação nº. 6/2006, INESC Coimbra e CEPE Working Paper no. 49 (ETH Zurich, Suíça). \*

Neves, L., A. G. Martins, C. Henggeler Antunes. "Comentários aos documentos sobre o Plano de Promoção da Eficiência no Consumo - Consulta pública nº 10 da ERSE". Documento nº. 1/2006, INESC Coimbra, Abril 2006.

Neves, L., A. Martins, C. Henggeler Antunes. L. Dias. "Building a decision model to appraise energy efficiency initiatives". Relatório de Investigação nº. 1/2005, INESC Coimbra.

Neves, L., A. Martins, C. Henggeler Antunes. "Using SSM to rethink the analysis of energy efficiency initiatives". Relatório de Investigação nº. 10/2002, INESC Coimbra. \*

Pires, D. F., A. G. Martins, C. Henggeler Antunes. "Modelo multi-objectivo para apoio à localização de condensadores em redes radiais de distribuição". Relatório de Investigação do INESC Coimbra, nº 4/2002. \*

### **Artigos submetidos para publicação**

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. Martins. "Design of an Adaptive Mutation Operator in an Electrical Load Management Case Study".

Antunes, C. H., C. Barrico, A. Gomes, Dulce F. Pires, A. G. Martins. "An evolutionary algorithm for reactive power compensation in radial distribution networks".

Gomes, A., C. Henggeler Antunes, A. Martins. "A multiple objective approach to electric load management using an interactive evolutionary algorithm".

\* Esta publicação é uma versão preliminar da publicação em revista/actas de conferência com o mesmo título.

**FCT** Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DO ENSINO SUPERIOR Portugal

**POCTI**

Programa Operacional  
Ciência Tecnologia Inovação  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DO ENSINO SUPERIOR



União Europeia – Fundos Estruturais



Governo da República Portuguesa