

# Padrões de Mobilidade dos Candidatos ao Ensino Superior em Portugal. Uma abordagem de Redes Complexas

S. Encarnação <sup>(a)</sup>, F. Pinheiro <sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais CICS.NOVA – FCSH/UNL, Avenida de Berna, 26-C, 1069-061 Lisboa, Portugal, sara.encarnacao@fcsch.unl.pt

<sup>(b)</sup> The MIT Media Lab, Massachusetts Institute of Technology, 77 Mass Av, 02139 Cambridge (MA), US, flaviopp@mit.edu

## RESUMO

Nesta comunicação procura-se analisar a interdependência existente entre a organização do sistema de ensino superior, i.e., a oferta, e os padrões de mobilidade emergentes das dinâmicas de migração da procura, i.e., as preferências dos candidatos, com recurso a análise de redes complexas. As propriedades fundamentais do sistema são inferidas a partir da análise das preferências registadas na base de acesso ao ensino superior para o período 2008 - 2013. As redes analisadas são constituídas por diferentes elementos, nomeadamente distritos, cursos, instituições ou pares de curso/instituição. Os resultados apontam para um estrutura bastante heterogénea, com padrões de correlação que se materializam em comunidades de elementos com elevada similaridade entre si. A análise de redes complexas apresenta-se desta forma como uma ferramenta relevante para a análise de dinâmicas complexas que se materializam em padrões espaciais que importam explicar e entender.

**Palavras chave:** Mobilidade, Ensino Superior, Candidatos, Redes Complexas

## 1. INTRODUÇÃO

Recentemente a aplicação da análise de redes complexas tem permitido a caracterização das propriedades macroscópicas dos mais variados sistemas. Exemplos incluem, mas não estão limitados a, sistemas de telecomunicações (González et al., 2008; Blondel et al., 2008), estruturas de computadores (Dorogovtsev & Mendes, 2003), sistemas biológicos (Schwikowski et al., 2000), estruturas semânticas (De Deyne & Storms, 2008), sistemas sociais (Newman, 2004; Girvan et al., 2002; Ebel et al., 2002), entre outros. A análise de redes é uma abordagem multidisciplinar que permite a caracterização de sistemas complexos através do estudo da estrutura de interações entre os elementos fundamentais que os constituem. Neste contexto, as relações entre os elementos de um sistema são descritas através de um grafo, cuja caracterização macroscópica é feita com recurso a métodos matemáticos e computacionais desenvolvidos no âmbito da Teoria de Grafos (Bollabas, 1985), Física Estatística (Albert & Barabási, 2002), Sociologia (Lazer et al., 2009; Moreno, 1941) e Ciências da Computação (Garey et al., 1976; Cook & Holder, 2006).

No contexto da mobilidade dos candidatos do ensino superior a análise de redes tem como objetivo a identificação das propriedades fundamentais do sistema que podem ser inferidas através da análise das preferências no momento do acesso. Estas preferências, naturalmente resultantes do complexo e multifatorial processo de decisão, permitem-nos, a partir da perspectiva dos candidatos, colocar em evidência o grau de semelhança/proximidade entre os diferentes elementos que constituem o sistema de ensino superior.

## 2. MÉTODOS DE DADOS

Uma rede é definida como um conjunto composto por vértices e arestas. Os vértices representam os elementos do sistema (distritos, instituições ou cursos) e as arestas relacionam pares desses mesmos elementos, com base nas preferências dos candidatos ao ensino superior. O número e tipo de ligações extraídas são a base da noção de similaridade usada na identificação da estrutura de fluxos emergente do processo de acomodação da procura à oferta disponível. As redes analisadas foram geradas a partir das seguintes variáveis disponíveis na base de dados do acesso da Direção-Geral de Ensino Superior (DGES), para o período 2008 - 2013: o distrito de origem do candidato, as seis preferências ordenadas, o curso, a CNAEF, o estabelecimento de candidatura e o distrito do estabelecimento. De entre as seis preferências são identificadas a 1ª preferência (P\*) e a preferência de colocação (C\*) – Figura 1.



**Preferências do Candidato**

Origem

P	Curso	CNAEF	Estabelecimento	Distrito	S	O
P* 1	1496	723	3013	Aveiro	1	1
2	1699	725	3013	Aveiro	2	2
C* 3	9012	421	0300	Aveiro	3	3
4	9041	443	0300	Aveiro	4	4
5	9223	442	0300	Aveiro	5	5
6	9012	421	1200	V. Real	6	6

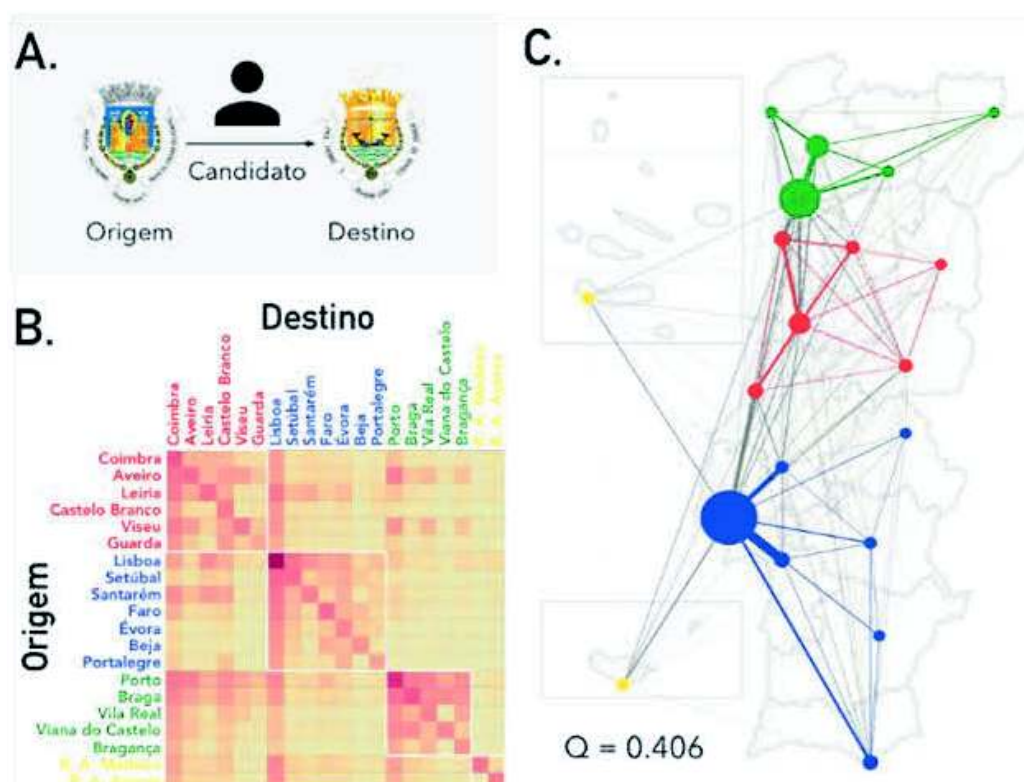
**Figura 1** - Preferências de um candidato e modelos de associação entre as mesmas. O modelo S representa relações de similaridade que indicam a existência de similaridade entre todos os pares de preferências que o candidato escolheu. O modelo O representa relações de preferências ordenadas de 1 a 6. As preferências P\* e C\* indicam, respetivamente, a 1ª preferência e a preferência de colocação de um dado candidato.

A partir das seis preferências dos candidatos é possível construir múltiplas redes de mobilidade geográfica. Contudo, de entre estas, dois tipos de rede ganham especial importância para a gestão do sistema de ensino superior. A primeira, designada por rede de mobilidade efetiva, descreve o sistema após a ocupação das vagas disponíveis. O distrito de Destino é, assim, determinado pela preferência de colocação ( $C^*$ ). A segunda, designada de rede de mobilidade potencial, descreve o sistema sem a influência direta de *numerus clausus*, na medida em que o distrito de Destino é determinado pelo distrito da 1ª preferência de candidatura ( $P^*$ ). A comparação dos dois tipos de redes permite confrontar a atual organização do sistema e as expectativas dos candidatos. Para a definição da estrutura de relações entre os restantes ele-

mentos em análise (cursos, instituições ou pares de curso-instituição) é necessário ter em conta algumas considerações sobre a natureza da amostra que cada lista de preferências dos candidatos representa. Neste sentido, são apresentados dois modelos alternativos, designados de modelo S e modelo O. As duas abordagens distinguem-se pela forma como o processo de amostragem (i.e., a escolha de preferências dos candidatos) é entendido (Figura 1).

### 3. RESULTADOS

Os resultados apontam para estruturas de rede heterogéneas, com correlações que se materializam em comunidades compostas por elementos com elevada similaridade entre si (Figura 2).



**Figura 2** - Rede de Origem – Destino dos colocados no ensino superior público português (mobilidade efetiva), entre 2008 e 2013. A) Esquemática das relações no grafo. B) Matriz de adjacência da rede de origem-destino. As ligações intra-comunidade são evidenciadas por uma moldura branca. C) Cartografia da rede e das comunidades identificadas. As arestas a cor representam ligações intra-comunidades e as arestas a cinza ligações inter-comunidades. O diâmetro dos vértices é proporcional ao número de ligações próprias e a espessura das arestas é diretamente proporcional ao seu peso ( $n^\circ$  de colocados). A Modularidade ( $Q$ ) indica a qualidade das partições identificadas.

A rede de mobilidade efetiva aponta para assimetrias espaciais, quer da procura, quer da oferta, interligadas com a organização da distribuição da população no território nacional, com uma forte polarização nos principais distritos urbanos de Lisboa, Porto, Coimbra e Braga. O sistema de regulação de vagas por *numerus clausus* consegue contrabalançar algumas tendências negativas, embora o seu efeito seja atenuado quando o número de vagas disponível não se adapta a uma procura tendencialmente decrescente. A rede de mobilidade potencial revela fluxos de candidatos, intra e inter-comunidades, mais esparsos do que na rede efetiva, indicando que, ao nível das preferências, existe uma maior concentração das escolhas dos candidatos nos vértices centrais de cada

comunidade, nomeadamente Coimbra e Aveiro, Lisboa, Porto e Braga.

A heterogeneidade encontrada na rede de similaridade das unidades orgânicas (UOs) das instituições de ensino superior indica que a tipologia do estabelecimento de ensino superior é tida em conta no processo de tomada de decisão dos candidatos. Considera-se a existência de uma ligação entre duas instituições se as mesmas existirem nas seis preferências de cada candidato – Figura 3.

A caracterização das sete comunidades da figura 3 indicia uma tendência para a agregação de instituições com oferta formativa semelhante, ou com formação em áreas científicas próximas, traduzindo não só a perceção dos candidatos face à organização científica do ensino

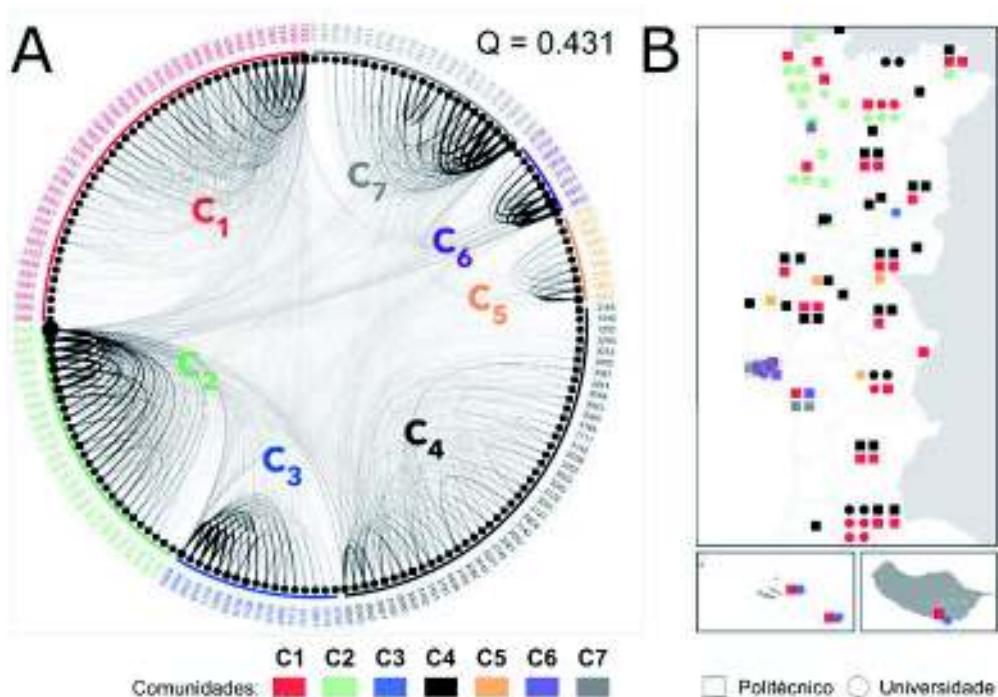


Figura 3 - A - Rede de similaridade das UOs e comunidades identificadas, B - Distribuição espacial das comunidades, para o período 2008 – 2013.

superior público, mas também as suas próprias afinidades pessoais relativamente às várias áreas de formação disponíveis. A natureza do ensino oferecido influencia também as escolhas dos candidatos, existindo, em determinadas comunidades, uma predominância do ensino politécnico, como nas comunidades C1, C2 e C4. O ensino universitário é dominante na comunidade C7 e C3. As comunidades C5 e C6 apresentam um número equilibrado de UOs de ambos os tipos de ensino.

A estrutura de similaridade entre pares de instituição-curso é construída com base nos dois modelos conceptuais anteriormente apresentados, i.e., o modelo S e o modelo O (cf. Figura 1). No modelo S as associações são

dadas por todos os pares de preferências de um candidato registados nas 6 preferências de candidatura e independentemente da sua ordem. No modelo O considera-se a ordenação das preferências como um caminho a percorrer na rede de pares de cursos/instituições. Desta forma, são considerados como similares apenas os pares de preferências sequenciais (por exemplo, 1→2 ou 3→4). A conjugação de caminhos de 6 preferências permitirá estimar a probabilidade de uma preferência ser escolhida face à escolha das restantes. Os dois modelos diferem no número de comunidades (9 comunidades no modelo S e 10 comunidades no modelo O) e também na sua composição interna (Figura 4 e 5).

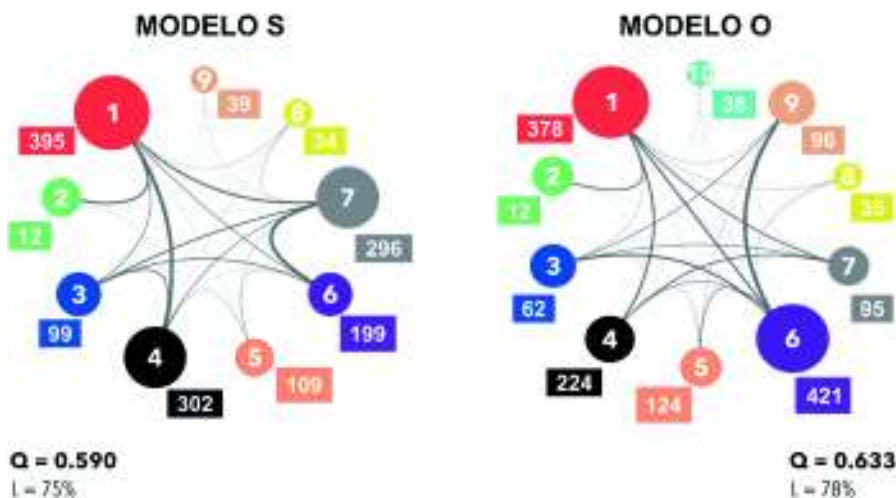


Figura 4 - Representação das redes de comunidades identificadas nos modelos S e O, 2008 – 2013. As caixas indicam o número de pares curso/instituição agregados em cada comunidade. O diâmetro de cada vértice é proporcional ao número de ligações intra-comunidade e a espessura das ligações inter-comunidades é proporcional ao número de associações entre pares de diferentes comunidades.

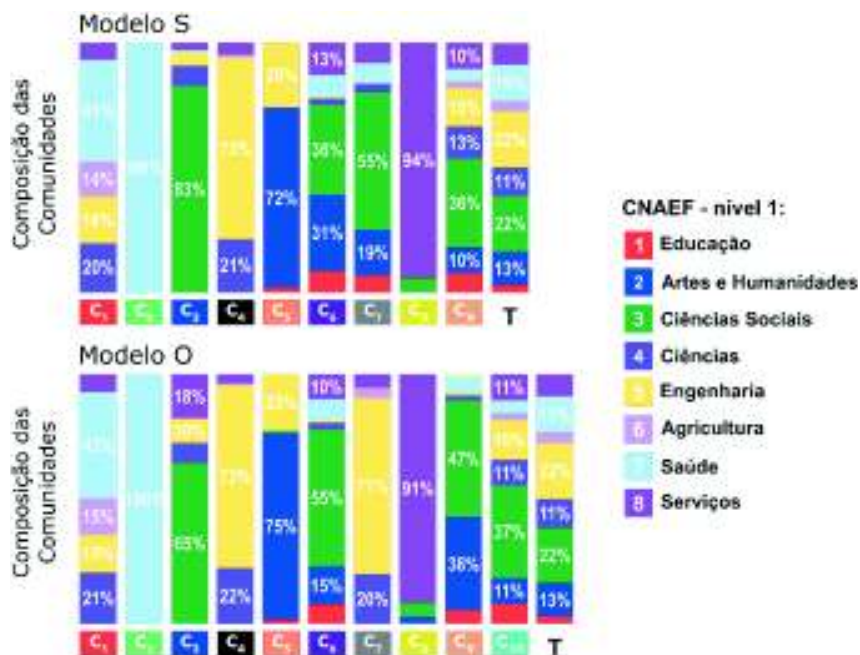


Figura 4. Composição interna de cada comunidade da rede de similaridade de pares de curso-instituição, por grandes grupos CNAEF (Classificação Nacional de Áreas de Educação e Formação).

#### 4. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das estruturas de associações das preferências dos candidatos, e das redes de similaridade delas resultantes, oferece uma nova perspectiva sobre os padrões coletivos que estruturam a procura de ensino superior e que têm na sua base os fluxos de mobilidade dos candidatos. A mobilidade é entendida como a materialização dos múltiplos e multifacetados processos de decisão que imputam diferentes graus de conectividade entre os elementos do sistema e diferentes formas organizativas.

A caracterização das comunidades revela que, quer as preferências geográficas, quer as preferências por áreas científicas são fatores determinantes nos padrões coletivos de mobilidade dos candidatos ao ensino superior. A tipificação das distribuições encontradas identificou comportamentos distintos em função da tipologia das instituições e também do potencial competitivo dos candidatos, determinado pelas suas médias de candidatura. Regra geral, instituições de ensino universitário e politécnico, localizadas nos principais centros urbanos, são menos afetadas em períodos de declínio da procura, comparativamente às instituições distribuídas pelo restante território nacional. Por sua vez, a oferta disponível em cada instituição determina também a captação da oferta, na medida em que, a diferentes áreas de formação correspondem diferentes regimes da procura, no que diz respeito às médias de candidatura dos candidatos.

Assim, a definição de estratégias institucionais, de racionalização e reorganização da rede de ensino devem, numa primeira instância, reconhecer as diferentes comunidades existentes no sistema, e, numa segunda instância, procurar medidas de adaptação que se adequem às especificidades das mesmas (no caso das instituições) e procurar instrumentos e políticas de gestão que permitam maximizar o potencial de diferenciação e

diversificação do sistema de ensino, com base nas características identificadas em cada comunidade de similaridades.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Esta comunicação foi financiada pela A3ES Agência de Avaliação e Acreditação do Ensino Superior, no âmbito do projeto *Padrões de Mobilidade dos Estudantes do Ensino Superior*.

#### 6. BIBLIOGRAFIA

- Albert R & Barabási A-L (2002). Statistical mechanics of complex networks. *Review of Modern Physics*, 74(1): 47-97.
- Blondel V D, Guillaume J, Lambiotte R & Lefebvre E, J. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(10), P10008: 1-12.
- Bollabas B (1985). *Random Graphs*. London Mathematical Society Monographs, Academic Press, London, 447.
- Cook D J & Holder L B, (eds) (2006). *Mining Graph Data*. John Wiley & Sons, 434.
- De Deyne S & Storms G, (2008). Word associations: Network and semantic properties. *Behavior Research Methods*, 40(1): 213-231.
- Dorogovtsev SN & Mendes JFF (2003). *Evolution of Networks: From Biological Nets to the Internet and WWW*. Oxford University Press, 280.
- Ebel H, Mielsch L-I & Bornholdt S, (2002). Scale-free topology of e-mail networks. *Physical Review E*, 66(3), 035103-1-035103-4.
- Garey M R, Johnson D S & Stockmeyer L, (1976). Some simplified NP-complete graph problems. *Theoretical computer science*, 1(3): 237-267.

- Girvan M & Newman MEJ (2002). Community structure in social and biological networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(12): 7821-7826.
- González MC, Hidalgo Ca & Barabási AL (2008). Understanding individual human mobility pattern. *Nature*, 453(7196): 779-782.
- Lazer D, Pentland A, Adamic L, Aral S, Barabasi A-L, Brewer D, Christakis N, Contractor N, Fowler J, Gutmann M, Jebara T, King G, Macy M, Roy D & Van Alstyne M (2009). Life in the network: the coming age of computational social science. *Science*, 323(5815): 721-723.
- Moreno JL (1941). Foundations of sociometry: An introduction. *Sociometry*, 4: 15-35.
- Newman MEJ (2004). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(1): 5200-5205.
- Schwikowski B, Uetz P & Fields S (2000). A network of protein-protein interactions in yeast. *Nature Biotechnology*, 18(12): 1257-1261.