

2014 JULY 10-11  
UNIVERSITY OF ÉVORA

20<sup>TH</sup> APDR CONGRESS

**RENAISSANCE OF THE REGIONS OF SOUTHERN EUROPE**

**CONHECIMENTO, REDES E UNIVERSIDADES. AS REDES DE COLABORAÇÃO  
CIENTÍFICA DAS UNIVERSIDADES DE LISBOA, PORTO E COIMBRA**

**KNOWLEDGE, NETWORKS AND UNIVERSITIES. NETWORKS OF SCIENTIFIC  
COLLABORATION OF THE UNIVERSITIES OF LISBOA, PORTO AND COIMBRA**

**Cristina Barros<sup>1</sup>, Rui Gama<sup>2</sup> e Ricardo Fernandes<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Bolseira de investigação do Projeto PTDC/CS-GEO/105476/2008 “Policentrismo urbano, conhecimento e dinâmicas de inovação” financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, CEGOT – Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território, Portugal, [cbarros@fl.uc.pt](mailto:cbarros@fl.uc.pt)

<sup>2</sup> Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, CEGOT – Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território, Portugal, [rgama@fl.uc.pt](mailto:rgama@fl.uc.pt)

<sup>3</sup> Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. CEGOT – Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território, Portugal, [r.fernandes@fl.uc.pt](mailto:r.fernandes@fl.uc.pt)

## RESUMO

A presente investigação pretende, a partir dos projetos financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), perceber a evolução das redes de I&D e conhecimento das maiores universidades portuguesas, identificando as múltiplas escalas territoriais em que operam, as dimensões transdisciplinares no sentido de avaliar o impacto nos territórios.

Partindo de uma abordagem ao nível da metodologia de análise de redes sociais, complementada por uma análise ao nível da dinâmica espacial, pretendem-se conhecer e caracterizar as redes de colaboração científica e tecnológica dos territórios onde se localizam as principais universidades públicas de Portugal (Lisboa, Porto e Coimbra). A interpretação das medidas resultantes da análise de redes sociais permite caracterizar a configuração das redes de cooperação institucional, fornecendo indicações sobre as relações de colaboração na produção, difusão e aplicação do conhecimento científico. A participação em redes de investigação científica contribui para a “popularidade” e prestígio das instituições envolvidas, ao mesmo tempo que promove processos de inovação determinantes para o desenvolvimento económico dos territórios. **Palavras-chave:** *Desenvolvimento Regional; Projetos FCT; Redes de conhecimento; Unidades de I&D; Universidades.*

## ABSTRACT

This research work aims to understand the evolution of the R&D and knowledge networks of the main Portuguese universities taking as a basis the projects funded by Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). An attempt to identify the multiple spatial scales at which these networks operate and their transdisciplinary dimensions is made, as well as an evaluation of their impact in the territories.

Starting from an approach based on the methodology of social network analysis, complemented by an analysis at the spatial dynamics level, it is intended to understand and characterize the scientific and technological cooperation networks of the territories where the main public universities of Portugal are placed (Lisbon, Porto and Coimbra). The interpretation of the measures resulting from the networks analysis allows characterizing the configuration of the institutional cooperation networks, providing indications about the collaborative relations in terms of production, dissemination and application of the scientific knowledge. The involvement in scientific research networks contributes to increase the “popularity” and prestige of the institutions, while also promotes the innovation processes crucial to the economic development of the territories. **Keywords:** *Regional Development; FCT projects; Knowledge networks; R & D units; Universities.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em Portugal, o sistema científico e de conhecimento desenvolve-se fundamentalmente nas instituições de ensino superior e nas unidades de I&D que constituem os departamentos e institutos. Ao longo das últimas décadas, estas unidades têm vindo a reforçar a sua importância como agentes do conhecimento, inovação e empreendedorismo, com uma articulação cada vez mais profícua com o sistema tecnológico e empresarial.

Neste contexto, é reconhecido o papel da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) enquanto agente de desenvolvimento de apoio à I&D, ao assumir um papel central no funcionamento do sistema científico e tecnológico português, com reflexos na solidificação de trajetórias de investigação científica e com consequências no desenvolvimento territorial. De facto, os projetos desenvolvidos sob a égide da FCT, uma das principais fontes de financiamento e apoio à investigação científica em Portugal, fornecem excelentes indicações sobre o sistema científico e tecnológico do país. Neste sentido, afigura-se de especial importância analisar, não apenas a configuração espacial na distribuição dos projetos de IC&DT apoiados pela FCT, mas também compreender as ações de cooperação institucional entre as diferentes instituições do sistema científico e tecnológico (nacional e internacional).

Tendo como suporte uma metodologia de análise de redes sociais, pretende-se conhecer e caracterizar as redes de colaboração científica e tecnológica dos territórios onde se localizam as principais universidades do país (Lisboa<sup>1</sup>, Porto e Coimbra). Para tal, recolheu-se a informação relativa a todos os projetos FCT entre 2000 e 2010 e, através do template Node XL (*Microsoft Excel*), fez-se a representação em grafos das relações institucionais das unidades envolvidas nos projetos. A análise é completada com a tentativa de compreensão das diferentes dinâmicas espaciais (local, regional, nacional e internacional), em que se verificam relações de colaboração na produção, difusão e aplicação do conhecimento científico. Para se representar a espacialização das redes de colaboração institucional recorreu-se ao *ArcMap* (ArcGis 10.2), tendo sido utilizada a ferramenta *spider tools* a partir da construção de uma matriz origem-destino.

Esta abordagem pretende conhecer as redes de colaboração científica em que participam as principais universidades públicas do país, procurando-se identificar os diferentes níveis de atividade e dinamismo científico das instituições. A prossecução de relações com outras

---

<sup>1</sup> Por uma questão metodológica, e numa tentativa de dar um maior ênfase à questão da localização, optou-se por agrupar as três maiores universidades públicas de Lisboa (Universidade de Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa e Universidade Nova de Lisboa), pelo que os resultados apresentados correspondem na globalidade a estas três instituições.

unidades de investigação, em diferentes escalas espaciais, contribuirá para a identificação do prestígio e “popularidade” destas unidades do ensino superior.

Reconhecendo que o estabelecimento de redes de colaboração científica promove a partilha de informação, experiências e conhecimento, a leitura das redes de colaboração científica permite detetar os espaços e os fluxos do conhecimento, da aprendizagem e da inovação.

## **2. REDES DO CONHECIMENTO DAS UNIVERSIDADES DE LISBOA, PORTO E COIMBRA**

### **2.1. Dinâmicas de investigação e colaboração científica: uma leitura à participação em projetos de IC&DT financiados pela FCT (2000-2010)**

As universidades e instituições de ensino superior são elementos fundamentais para a dinamização das cidades e regiões e para a criação de estratégias renovadas de desenvolvimento, quer a partir das dimensões do ensino e formação de recursos humanos, quer a partir das diferentes unidades de I&D que constituem os departamentos e institutos (Fernandes, 2008). Ao nível nacional, destacam-se três importantes polos universitários que centralizam a maior parte da oferta ao nível do ensino superior, bem como ao nível da presença de unidades associadas a processos de I&D e inovação. Deste modo, dos 328 estabelecimentos de ensino superior identificados em 2014, 91 estão localizados em Lisboa, 62 no Porto e 24 em Coimbra (Observatório para a Ciência e Ensino Superior). Ao nível dos estabelecimentos de ensino superior de natureza pública, a oferta integra cerca de 83 estabelecimentos a nível nacional. As Universidades de Lisboa (UL), Técnica de Lisboa (UTL) e Nova de Lisboa (UNL), reúnem um total de 32 estabelecimentos, seguindo-se a Universidade do Porto (UP) com 15 estabelecimentos e a Universidade de Coimbra (UC) com 12 estabelecimentos.

Ao longo dos últimos anos, a estratégia das universidades e unidades de I&D institucionais tem assentado, de forma evidente, na valorização dos apoios da política de ciência e tecnologia no quadro dos projetos investigação científica e desenvolvimento tecnológico (Gama *et al*, 2013). Neste contexto, a estratégia de investigação privilegiou a análise de todos os projetos financiados pela FCT para o período de 2000 a 2010 no âmbito dos concursos gerais, considerando as diferentes áreas e domínios científicos, as instituições proponentes e participantes, os investimentos e os recursos humanos. Numa primeira abordagem importa compreender a espacialização dos projetos analisados tendo em consideração a localização da

instituição proponente. Do total de 7742 projetos de IC&DT financiados nestes 10 anos, existe uma clara concentração das iniciativas nos concelhos que apresentam um maior número de instituições de I&D e presença dos maiores polos universitários do país. Desta forma, os projetos têm uma tradução territorial clara, associada à presença de centros urbanos, capitais de distrito, infraestruturas tecnológicas e instituições ligadas ao ensino superior, à inovação e à investigação e desenvolvimento (Figura 1).

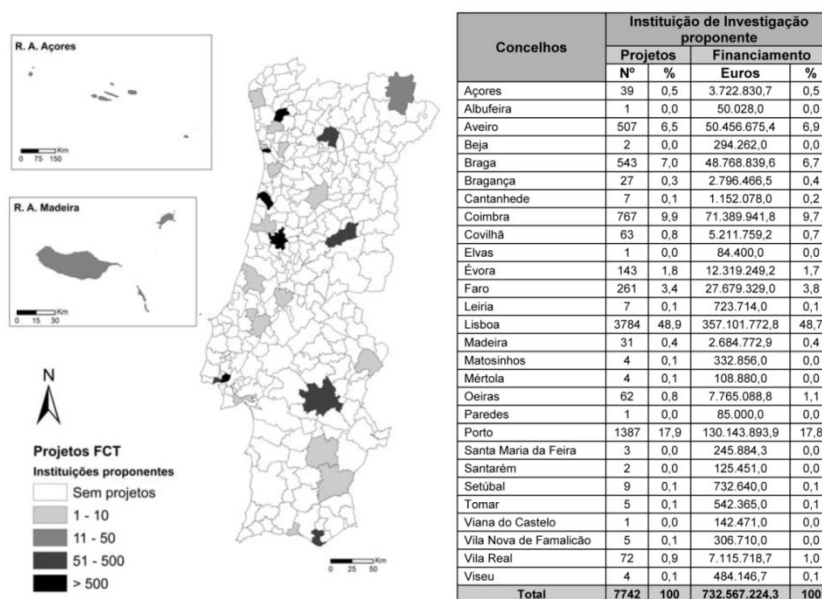


Figura 1: Projetos de IC&DT financiados pela FCT, entre 2000 e 2010, segundo localização da instituição de investigação proponente e financiamento obtido

Por reunirem um maior número de unidades de I&D, os concelhos de Lisboa e Porto apresentam um maior número de projetos segundo a instituição proponente (48,9% e 17,9%, respetivamente). Em seguida, surgem os concelhos de Coimbra (767 projetos, correspondendo a 9,9% do total dos 7742 identificados), Braga (7,0%), Aveiro (6,5%) e Faro (3,4%), territórios caracterizados pela presença de universidades, institutos politécnicos, unidades de I&D e também por serem centros urbanos importantes no contexto socioeconómico e territorial português. Importa também destacar alguns concelhos cujos projetos de I&D surgem a partir de empresas ou parques tecnológicos, exemplos de Oeiras (*TagusPark* - Parque de ciência e tecnologia) e Cantanhede (*Biocant* - Associação de Transferência de Tecnologia).

Ao nível dos valores de financiamento, a leitura decalca a análise feita ao nível do padrão de localização dos projetos segundo a instituição proponente. Deste modo, os territórios que

concentram as maiores universidades do país (Lisboa, Porto, Coimbra) obtiveram 76,3% do financiamento total neste período em análise, justificado assim pela presença de unidades, infraestruturas e recursos humanos em atividades de I&D.

Com efeito, os projetos financiados pela FCT no âmbito dos concursos gerais, estão associados a concelhos fortemente ligados ao conhecimento, à ciência e à inovação, onde a presença de universidades, institutos politécnicos ou outras unidades de I&D e recursos humanos qualificados despoletam iniciativas, sinergias, atividades e os próprios projetos de investigação. Estes concelhos correspondem, na sua grande maioria, a áreas urbanas que reúnem um importante conjunto de infraestruturas físicas, tecnológicas e humanas que promovem a ciência, a inovação e o I&D.

Ao nível da participação nos projetos de IC&DT financiados pela FCT, as universidades de Lisboa (Universidade de Lisboa, Universidade Nova de Lisboa e Universidade Técnica de Lisboa) apresentaram uma maior participação (4020 participações<sup>2</sup>, correspondendo a 51,9%). Seguiram-se as Universidades do Porto (22,6%) e Coimbra (13,0%), ainda assim com valores muito inferiores aos protagonizados pelas universidades da capital do país (Quadro 1).

Quadro 1: Projetos, financiamento, participantes e formas de participação das universidades públicas portuguesas em projetos FCT, entre 2000 e 2010

Universidades Públicas	Participação em projetos		Financiamento		Participantes		Instituição Proponente		Unidade de investigação principal		Instituição participante	
	Nº	%	Euros (€)	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Universidade de Aveiro	799	10,3	80986467,09	11,1	7470	12,2	507	6,5	546	7,1	261	4,1
Universidade dos Açores	90	1,2	10.483.824,9	1,4	992	1,6	36	0,5	49	0,6	50	0,8
Universidade do Algarve	417	5,4	45296058,91	6,2	3542	5,8	259	3,3	243	3,1	162	2,6
Universidade da Beira Interior	138	1,8	11888572,34	1,6	1229	2,0	63	0,8	59	0,8	76	1,2
Universidade de Coimbra	1006	13,0	96647379,5	13,2	8989	14,7	742	9,6	751	9,7	383	6,0
Universidade de Évora	304	3,9	29705179,54	4,1	3087	5,0	141	1,8	134	1,7	173	2,7
Universidades de Lisboa (UL, UNL, UTL)	4020	51,9	388739065,5	53,1	33847	55,2	3340	43,1	3360	43,4	2383	37,6
Universidade do Minho	758	9,8	71269960,06	9,7	6762	11,0	543	7,0	527	6,8	226	3,6
Universidade da Madeira	54	0,7	5.143.610,0	0,7	434	0,7	30	0,4	29	0,4	36	0,6
Universidade do Porto	1748	22,6	169782901,3	23,2	14446	23,6	1308	16,9	1289	16,6	812	12,8
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro	198	2,6	22380390,22	3,1	2326	3,8	78	1,0	78	1,0	120	1,9

Apresentando percentagens menos expressivas, surgem as participações da Universidade de Aveiro (10,3%), Universidade do Minho (9,8%) e Universidade do Algarve (5,4%). Por fim, as universidades de menor dimensão e mais afastadas dos principais centros urbanos do país,

<sup>2</sup> Em termos metodológicos, e salvaguardando a não exclusão de todas as unidades participantes, contabilizou-se o número de participações de cada unidade, mesmo que as mesmas se repitam num mesmo projeto.

contabilizam um menor número de participações (Universidade de Évora, 3,9%; Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2,6%; e Universidade da Beira Interior, 1,8%). Acentuando as questões de insularidade e afastamento aos principais centros de decisão, as Universidades dos Açores (1,2%) e da Madeira (0,7%) registaram valores pouco expressivos na participação nos projetos de investigação apoiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT).

Considerando as instituições proponentes, uma vez mais sobressaem as universidades localizadas em Lisboa, liderando os projetos de investigação científica. Deste modo, nos cerca de 7742 projetos identificados, estas universidades assumiram-se como proponentes em 3360 projetos (43,1%), seguindo-se a Universidade do Porto com 1308 projetos (16,9%) e a Universidade de Coimbra com 742 projetos (9,6%).

## **2.2. Redes do conhecimento e colaboração científica: análise de redes sociais e dinâmicas espaciais nos projetos FCT**

Reconhecendo que os projetos de investigação científica e desenvolvimento tecnológico (IC&DT) financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) fomentam parcerias entre universidades, laboratórios, unidades de investigação e empresas nacionais e internacionais, recorreu-se à metodologia de análise de redes sociais (baseada na *teoria dos grafos*) para compreender e caracterizar as redes do conhecimento científico das universidades públicas portuguesas. Esta metodologia estuda padrões de relacionamento entre pessoas, organizações, empresas, territórios, entre outros ativos, mapeando as redes de relacionamento com base no fluxo de informação (Barnes, 1972). Trata-se de uma ferramenta que permite compreender as ligações entre os atores ou grupos intervenientes e as implicações dessas ligações para a estrutura e dinâmica da rede.

As redes do conhecimento justificam que a circulação do conhecimento pressupõe que a sua produção e o seu uso é realizado em rede: “um conjunto de nós – que podem representar elementos do conhecimento, repositórios e/ou agentes que procuram, criam e transmitem conhecimento – que estão interconectados por relações que promovem ou constroem a aquisição, transferência e criação de conhecimento” (Phelps *et al*, 2012).

A aplicação desta metodologia ao presente estudo permitiu representar e analisar a rede de colaboração científica das universidades de Lisboa, Porto e Coimbra, no âmbito dos projetos apoiados pela FCT para o período 2000-2010. A recolha da informação foi feita projeto a projeto através da informação disponível no sítio internet da FCT, permitindo construir uma

base de dados, com informação sobre cada projeto, respetivas instituições intervenientes, domínios científicos e de ação e localização geográfica. Posteriormente, a partir do *template NodeXL (Microsoft Excel)*, elaborou-se uma matriz de relações das instituições participantes em cada projeto.

Numa análise às redes de colaboração das universidades observamos que as instituições participantes num maior número de projetos são as que naturalmente apresentam uma rede de colaboração científica mais alargada. Deste modo, nos dez anos em estudo, as universidades de Lisboa (UL, UNL e UTL) estabeleceram relações de cooperação científica com 1312 unidades diferentes, sendo a grande maioria correspondente a instituições e unidades de investigação do ensino superior (553 instituições, correspondendo a 42,1%), à semelhança do verificado para as restantes universidades, onde esta categoria assume o maior protagonismo nas redes de colaboração científica (Quadro 2). No caso da Universidade do Porto, o número de instituições na rede de colaboração é manifestamente inferior (694 unidades), sendo que o peso das instituições e unidades de investigação do ensino superior (342, correspondendo a 49,3%), assume uma maior expressividade nesta rede de colaboração. Por fim, a Universidade de Coimbra apresenta um total de 533 instituições na sua rede, sendo que cerca de 46,3% corresponde a unidades do ensino superior (247 instituições).

Apresentando valores igualmente expressivos, surgem as relações com as instituições e unidades de I&D internacionais na rede de colaboração científica de Lisboa (372 unidades, correspondendo a 28,4%), mas também do Porto (164 instituições, correspondendo a 23,6%) e de Coimbra (94 instituições, correspondendo a 17,6%). As instituições públicas assumem um peso considerável, sendo este mais pronunciado na rede de colaboração da Universidade de Coimbra (13,7%, correspondendo a 73 unidades), e menos expressivo para a rede de colaboração da Universidade do Porto (9,7%, correspondendo a 67 unidades).

As colaborações das universidades com as empresas indiciam a complementaridade de valências necessárias à prossecução de um projeto, por exemplo ao nível da investigação industrial ou desenvolvimento experimental. Desta forma, as referidas interações são encaradas também como oportunidades para as empresas atualizarem e aperfeiçoarem a sua base de conhecimento e para as universidades e centros de I&D reforçarem a sua ligação ao tecido empresarial. No caso da rede das universidades de Lisboa, a presença das empresas assume uma maior importância (10,0%, correspondendo a 131 empresas), seguindo-se a Universidade de Coimbra (8,1%, correspondendo a 43 empresas) e a Universidade do Porto (7,5%, correspondendo a 52 empresas).



Quadro 2: Categoria das instituições (nós) das redes de colaboração em projetos FCT das universidades em estudo

Categoria da Instituição	Universidades de Lisboa (UL, UNL, UTL)		Universidade do Porto		Universidade de Coimbra	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Associações	69	5,3	27	3,9	34	6,4
Empresas	131	10,0	52	7,5	43	8,1
Instituições Públicas	133	10,1	67	9,7	73	13,7
Institutos de I&D	28	2,1	17	2,4	16	3,0
Inst. e unidades de I&D internacionais	372	28,4	164	23,6	94	17,6
Inst. e unidades de investigação ens. sup.	553	42,1	342	49,3	247	46,3
Laboratórios associados	26	2,0	25	3,6	26	4,9
<b>Total</b>	<b>1312</b>	<b>100</b>	<b>694</b>	<b>100</b>	<b>533</b>	<b>100</b>

Por último, apresentando valores inferiores, surgem as associações, os laboratórios associados e os institutos de I&D. As associações assumem um maior protagonismo na rede de colaboração da Universidade de Coimbra (6,4%), seguindo-se as universidades de Lisboa (5,3%) e do Porto (3,9%). No caso dos laboratórios associados, a Universidade de Coimbra apresenta um maior peso na sua rede de colaboração (26 unidades, correspondendo a 4,9%), seguindo-se a Universidade do Porto (25 unidades, correspondendo a 3,6%) e, por fim, as universidades de Lisboa (26 unidades, correspondendo a 2,0%).

Para além da identificação dos diferentes “nós” e eixos de ligação entre atores do conhecimento, a metodologia de análise de redes sociais valoriza medidas que procuram caracterizar a estrutura da rede e as relações entre os diferentes elementos (Quadro 3). De acordo com a classificação de Baur *et al* (2009), as medidas podem ser agrupadas ao nível da rede, dos elementos e dos grupos. A leitura das redes de conhecimento e I&D das universidades em análise (centradas nos projetos financiados pela FCT) dá-nos interessantes indicações, não só ao nível da estrutura das redes, mas também ao nível do comportamento dos diversos atores que integram e constituem as redes. De um modo global, pode afirmar-se que o número de relações/ligações irá depender do número de nós/instituições presentes em cada uma das redes. A rede de conhecimento que apresenta uma maior densidade, expressa ao nível do número de relações/ligações, corresponde à rede das universidades de Lisboa (14363 ligações com as 1312 instituições presentes na rede). A Universidade do Porto apresenta um menor número de ligações (6548 ligações com as 694 instituições presentes na rede), e, por último, a Universidade de Coimbra (com 3974 ligações entre as 533 unidades).

Ao nível da análise da rede são aplicadas medidas para analisar a estrutura global da rede, exemplos da distância geodésica, o número médio de graus de separação e a densidade. A distância geodésica entre dois vértices é o número de arestas que os ligam pelo caminho mais

curto, ou seja, pelo caminho constituído pelo menor número de nós. A distância geodésica máxima corresponde à distância mais longa de um nó a outro, sendo que para as redes em análise varia entre 6 (universidades de Lisboa) e 4 (Universidade de Coimbra).

O número médio de graus de separação, ou seja, o número médio de nós que separa cada instituição de uma outra, assume valores semelhantes para as três redes em análise, ainda assim sendo superior no caso das universidades de Lisboa e do Porto (2,75 e 2,72), isto porque se trata de redes de maior dimensão, onde se torna evidente uma maior distância entre as instituições.

Quadro 3: Medidas de análise das redes de colaboração em projetos FCT das universidades em estudo

Medidas de análise	Universidades de Lisboa (UL, UNL, UTL)	Universidade do Porto	Universidade de Coimbra
Nº de nós	1312	694	533
Nº de linhas/relações	14362	6548	3974
Distância geodésica máxima	6	5	4
Número médio de graus de separação	2,75	2,72	2,54
Densidade	0,01	0,01	0,02
Grau médio	10,51	9,39	8,74
Proximidade média	0,0003	0,0067	0,0031
Intermediação média	1143,98	576,48	402,26
Coefficiente médio de clusterização	0,76	0,76	0,77

A densidade de um grafo corresponde ao quociente entre o número de ligações existentes pelo número de ligações possíveis numa determinada rede, indicando o grau de conexão dos vértices ou nós na rede. Varia entre um mínimo de 0, quando o grafo não possui nenhuma aresta/arco, e um máximo de 1, quando o grafo é completo e possui arestas ligando todos os vértices. Esta relação reflete a potencialidade da rede em termos de fluxo de informações, ou seja, quanto maior a densidade mais intensa é a troca de informações na referida rede e vice-versa. Para as redes das universidades de Lisboa e Porto o valor é de 0,01, sendo que para a rede de colaboração da Universidade de Coimbra é de 0,02, como resultado da presença de um elevado número de instituições.

Na análise ao nível dos elementos são valorizadas as medidas de centralidade, que determinam a importância relativa de um vértice no grafo: centralidade de grau (*Degree Centrality*), centralidade de proximidade (*Closeness Centrality*) e centralidade de intermediação (*Betweenness Centrality*) (Freeman *et al*, 1979).

O grau médio (*Degree Centrality*) corresponde ao número médio de nós (instituições) aos quais cada nó da rede se encontra ligado. No caso das redes das universidades de Lisboa,

Porto e Coimbra cada instituição encontra-se em média ligada a 10,51, 9,39 e 8,74 instituições diferentes, respetivamente, revelando um comportamento que indicia a presença de muitos atores (instituições) com elevados níveis de atividade na rede.

A *proximidade (Closeness Centrality)* é uma medida que assenta na distância geodésica, ou seja, no comprimento do caminho mais curto que liga dois atores (Lemieux *et al*, 2004). Na análise de redes sociais, esta medida é maioritariamente utilizada para calcular o quão rápido um ator consegue chegar a qualquer outro na rede, traduzindo a proximidade de cada instituição a todas as outras com as quais estabelece relação/ligação. A proximidade média apresenta para as redes de colaboração em análise valores muito baixos, em virtude de estarmos perante redes com muitas instituições envolvidas. No caso das universidades de Lisboa, Porto e Coimbra, os valores médios de proximidade são de 0,0003, 0,0067 e 0,0031, respetivamente.

A *intermediação (Betweenness Centrality)* é outra medida de centralidade que permite medir o grau de extensão na qual um nó se encontra situado entre os outros nós da rede, sendo importante para aferir o prestígio das instituições e a sua capacidade para aceder e controlar o fluxo de informação pela posição intermediária que ocupam. Segundo Lemieux *et al* (2004), quanto mais um ator se encontrar numa posição intermediária, ou seja, quanto mais se encontrar numa situação em que os atores têm de passar por ele para chegar aos outros atores, maior capacidade de controlo terá sobre a circulação da informação entre esses atores. Nas redes de colaboração científica das universidades, os valores médios são mais elevados nas redes de colaboração de Lisboa (1143,98), assumindo menores valores nas redes do Porto e Coimbra (576,48 e 402,26).

Ao nível da análise dos grupos, foi destacado o coeficiente de *clusterização* que quantifica quão conectado está um determinado vértice com os seus vizinhos, sendo que os valores variam entre 0 e 1 (Hansen *et al*, 2011). Se um determinado grafo representa uma rede social cujas relações entre os indivíduos sejam de amizade, é de esperar um coeficiente de *clusterização* alto, uma vez que é provável que os amigos de um determinado indivíduo sejam amigos entre si. No caso das redes de colaboração em análise, os valores são muito semelhantes, variando entre 0,76 no caso de Lisboa e Porto e 0,77 no caso da rede de Coimbra. São valores baixos, em virtude da presença de muitas instituições, sendo mais difícil de se observar uma elevada conectividade entre os nós.

Com base na análise das redes sociais, justificando-se a pertinência do estudo das redes de conhecimento das universidades públicas portuguesas no período entre 2000 e 2010, é fundamental analisarem-se algumas medidas relativas aos “nós” integrantes da rede. No que concerne às medidas de centralidade (*grau, proximidade e intermediação*), serão destacadas algumas instituições cujos valores apresentam significado para a estrutura de cada uma das redes em análise.

A medida de centralidade de grau, ao medir o número de conexões diretas de cada ator no grafo, dá boas indicações sobre a importância das relações de cada uma das instituições com as restantes. Deste modo, um ator com elevado grau de centralidade é um elemento ativo na rede e/ou é frequentemente um conetor ou ponto central na rede (Figura 2). Esta característica é medida pelo número de interações/linhas do ator, correspondendo a uma maior ou menor intensidade da relação. No caso da rede que apresenta um maior número de colaborações ao nível científico (universidades de Lisboa - UL, UNL e UTL), destacam-se algumas instituições diretamente relacionadas com o ensino superior, como por exemplo o Instituto Superior Técnico (IST/UTL), que apresenta ligações/relações com 424 instituições diferentes, a Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (407 ligações diretas com outros atores), a Universidade do Minho (220), a Universidade de Aveiro (212), a Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (192), a Universidade de Évora (190) e a Universidade de Coimbra (182). Com valores de centralidade de grau também muito significativos (superiores a 100), destaca-se a Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa (175), o Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa (172), o Instituto de Tecnologia Química e Biológica (158), a Universidade do Algarve (154), a Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa (106). Pensado num outro tipo de intervenientes, observa-se uma importância dos institutos de I&D (exemplos do IMAR, com 95 ligações a unidades diferentes; o IBET e o INETI, com 71 ligações cada) e das empresas (Siemens, Erena, Lincis, Edia, com 14, 12, 11 e 10 ligações, respetivamente).

Ao nível da centralidade de intermediação, importa destacar alguns atores que integram a rede de colaboração científica das universidades de Lisboa. Com esta medida de centralidade conseguimos detetar que os atores que apresentam um elevado grau de intermediação, são aqueles que detêm uma posição de poder ou de “favorecimento” na rede, apresentando também um elevado grau de influência sobre o que acontece na rede. Nesta rede destacam-se os nós relacionados com o ensino superior que correspondem ao Instituto Superior Técnico

(IST/UTL), à Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FFC/UL), à Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (FCSH/UNL), à Universidade do Minho (UM), ao Instituto de Tecnologia Química e Biológica da Universidade Nova de Lisboa (ITQB/UNL) e à Universidade de Aveiro (UA). No contexto da centralidade de proximidade, destaca-se o Instituto Superior Técnico (IST/UTL), a Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FFC/UL) e a Universidade do Minho (UM). Os atores identificados apresentam valores superiores ao nível do grau de proximidade, significando que estes detêm acesso rápido a outros atores na rede e estão perto dos outros atores, refletindo uma elevada visibilidade sobre o que acontece na rede.

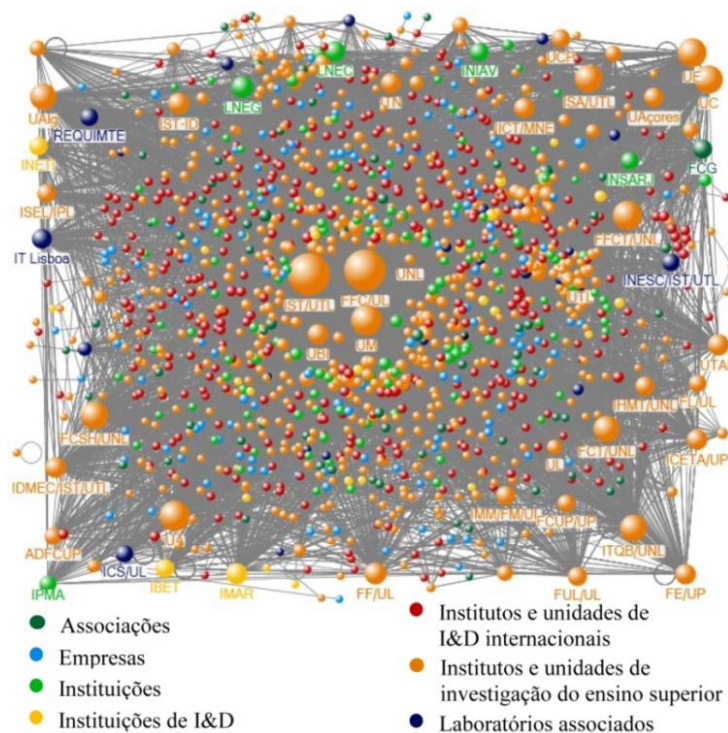


Figura 2: Rede de colaboração em projetos FCT das universidades de Lisboa, entre 2000 e 2010, segundo a centralidade de grau

No caso da rede da rede de colaboração da Universidade do Porto, referem-se algumas unidades com valores representativos face ao número de ligações diretas que estabelecem com outros ativos de desenvolvimento desta rede (Figura 3). Em primeiro lugar destaca-se a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (182 ligações diretas), seguindo-se o Instituto de Ciências e Tecnologias Agrárias e Agro-Alimentares da Universidade do Porto (160), a Universidade do Minho (152), a Universidade de Aveiro (125), o Instituto de

Biologia Molecular e Celular da Universidade do Porto (121), a Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (107), o Instituto Superior Técnico (106) e a Associação para o Desenvolvimento da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (105). Tal como na rede de colaboração anterior, nesta rede são os institutos e unidades de investigação do ensino superior que apresentam valores superiores na centralidade de grau. Mas se pensarmos em outro tipo de atores, o destaque recai em alguns laboratórios associados, como o Instituto de Medicina Molecular (com 21 ligações), o Instituto de Telecomunicações de Lisboa (21 ligações) e o Centro de Biotecnologia e Química Fina (18 ligações). Ao nível das instituições públicas com uma maior importância na rede destaca-se o Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (20 ligações a unidades diferentes), o Centro Hospitalar do Porto (17 ligações) e o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (17 ligações).

No caso da centralidade de intermediação (encarada como uma boa medida para se perceber o “prestígio” dos atores e a sua capacidade como agentes de controlo da informação como intermediários), destacam-se com valores acima da média diferentes tipos de instituições. No quadro dos institutos e unidades de investigação e ensino superior, sublinham-se os casos da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FE/UP), do Instituto de Ciências e Tecnologias Agrárias e Agro-Alimentares (ICETA/UP) e do Instituto de Biologia Molecular e Celular (IBMC/UP). Ao nível dos Institutos e unidades de I&D internacionais destaca-se o Royal Institute of Technology (Suécia), Universidade de Santiago de Compostela - Faculdade de Farmácia (Espanha) e o King's College London (Inglaterra). No que diz respeito aos valores de proximidade, sobressaem os nós que correspondem à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FE/UP), Universidade do Minho (UM), o ICETA/UP (Instituto de Ciências e Tecnologias Agrárias e Agro-Alimentares) e a Universidade de Aveiro (UA).

Por fim, relativamente à rede de colaboração científica da Universidade de Coimbra, destacam-se fundamentalmente as instituições ligadas ao ensino superior e que apresentam valores superiores na medida de centralidade de grau (Figura 3). Neste contexto, é a própria Universidade de Coimbra que apresenta um maior número de ligações a unidades diferentes ao longo dos 10 anos em análise (304 ligações). Assumindo também uma grande importância, surge a Universidade do Minho (115 ligações), a Universidade de Aveiro (114 ligações), o Instituto Superior Técnico (82), a Fundação da Faculdade das Ciências da Universidade de Lisboa (70), a Universidade de Aveiro (63) e a Universidade do Algarve (55). Pensando noutro tipo de atores, designadamente os laboratórios associados, destaca-se a importância na rede do Centro de Neurociências e Biologia Celular da Universidade de Coimbra (105

ligações), o Centro de Estudos Sociais (41 ligações), o Instituto de Telecomunicações de Lisboa (17), o Instituto de Tecnologia Química e Biológica (15), o Centro de Investigação Marinha e Ambiental (12) e o Instituto Dom Luís (12). No que diz respeito às instituições públicas, uma vez que apresentam uma grande expressividade nesta rede, destaca-se a importância do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge (26 ligações diretas), do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (25), do Centro Hospitalar da Universidade de Coimbra (23), do Instituto de Investigação Científica Tropical (22) e do Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca (20). De salientar ainda a importância de alguns institutos e unidades de I&D internacionais, nomeadamente o Rutherford Appleton Laboratory (12 ligações), o Department of Earth and Planetary Sciences, Northwestern University (11), o GeoForschungsZentrum Potsdam (11), o Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (11) e a Universidade Federal de Pernambuco (11).

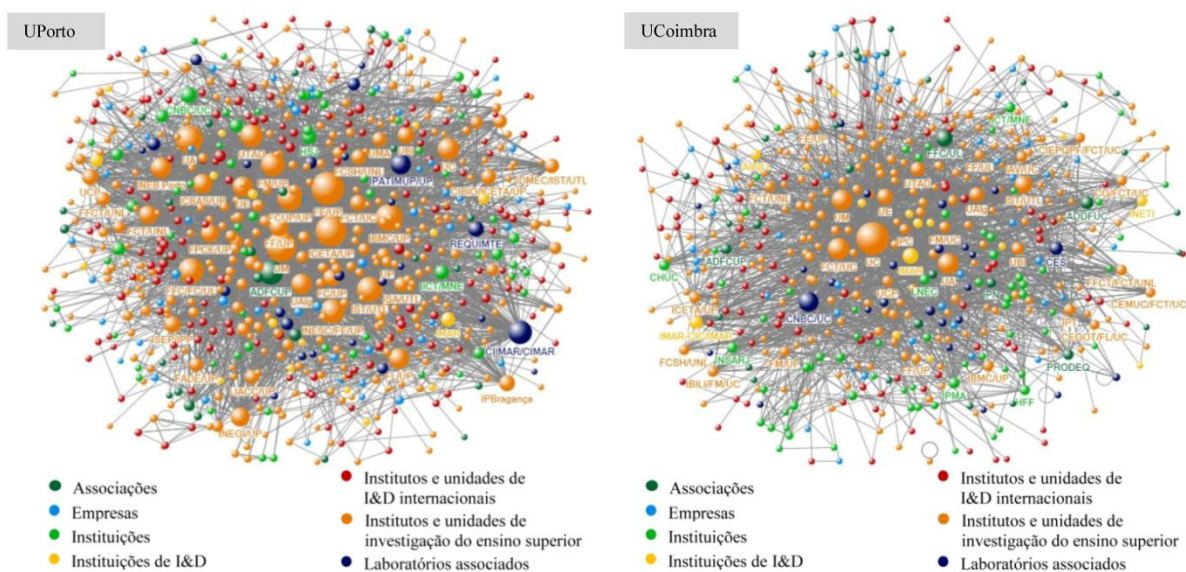


Figura 3: Rede de colaboração em projetos FCT das Universidades do Porto e Coimbra, entre 2000 e 2010, segundo a centralidade de grau

Os valores de intermediação vão refletir um maior “prestígio” para algumas unidades ancoradas ao ensino superior (Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Universidade do Minho, Universidade de Aveiro, Instituto Superior Técnico, Universidade de Évora), mas também os laboratórios associados (Centro de Neurociências e Biologia Celular, Centro de Estudos Sociais e Instituto de

Telecomunicações), as instituições públicas (Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, Instituto Português do Mar e da Atmosfera e Centro Hospitalar da Universidade de Coimbra) e as empresas (Siemens, ISA - Intelligent Sensing Anywhere, SA, Active Space Technologies e Innovnano - Materiais Avançados, S.A). Estes atores apresentam um elevado grau de influência sobre o que acontece na rede, se os retirarmos da rede estamos a cortar as ligações entre várias das suas componentes. Por último, os valores da medida de centralidade de proximidade vão destacar a importância da Universidade de Coimbra, Universidade de Aveiro, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra e da Universidade do Minho.

Um último aspeto que deve ser tido em consideração diz respeito à identificação das relações espaciais das redes de conhecimento científico das universidades em Portugal nos projetos apoiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). Com o objetivo de facilitar a leitura, uma vez que o período 2000-2010 integra um grande número de instituições e de relações entre elas, optou-se por representar apenas as relações de cooperação científica identificadas no ano de 2010 nas universidades de Lisboa, Porto e Coimbra (Figuras 4 e 5).

No que concerne às universidades com maior dinamismo no período considerando, as universidades de Lisboa (UL, UNL e UTL) estiveram envolvidas num maior número de projetos de investigação, facto que se torna visível no número de interações/colaborações com unidades diferentes (tanto a nível nacional como internacional). A análise evidencia que a maior parte das relações a nível internacional envolvem instituições do continente europeu, de onde se destacam países como Espanha, Inglaterra, Holanda, Finlândia, França, Itália, Polónia, entre outros. Ao nível do continente americano são visíveis inúmeras ligações fundamentalmente a países como Brasil, Estados Unidos da América, Canadá e Argentina. Paralelamente, deve-se evidenciar as ligações ao continente africano (Angola, Moçambique, África do Sul) e à Austrália, por exemplo com os casos das ligações às universidades de Queensland, Wollongong e Tasmania.

A uma escala nacional, o grupo de universidades de Lisboa apresenta uma elevada densidade de relações no contexto local (onde são evidentes as relações com institutos de I&D, laboratórios associados, instituições públicas e associações localizadas em Lisboa), mas também são bastante evidentes as relações com os outros polos universitários do país, tal como vimos na análise estrutural das redes. Com efeito, destacam-se as relações com as outras unidades/centros de investigação do país, numa intensidade superior ao nível da faixa litoral do país, evidenciando-se as ligações com os territórios que reúnem um maior número



de infraestruturas de conhecimento, bem como equipamentos e recursos humanos vocacionados para as áreas científicas em análise (Porto, Coimbra, Aveiro). Por outro lado, identificam-se as relações com concelhos do interior do país, que na sua maioria correspondem a territórios que integram universidades (UTAD, UBI, UE), mas também a algumas empresas, instituições públicas e associações aí localizadas.

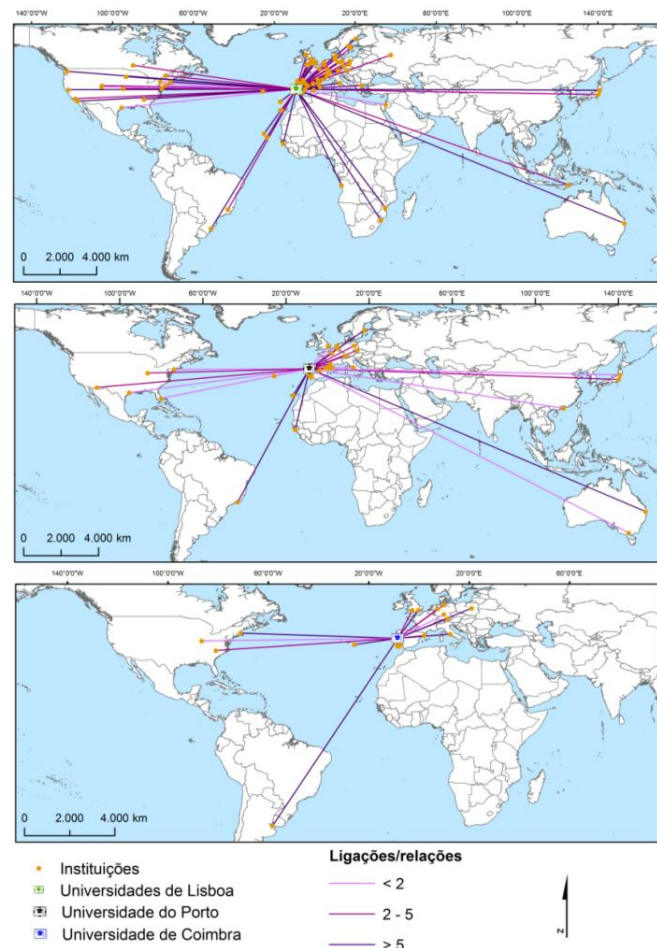


Figura 4: Rede de colaboração em projetos FCT das universidades de Lisboa, Porto e Coimbra, no ano de 2010

No que diz respeito à rede de colaboração científica da Universidade do Porto, a maior densidade de relações ocorre com instituições do continente europeu, destacando-se sobretudo ligações a unidades do ensino superior e institutos de I&D presentes em Espanha, Reino Unido, Alemanha, Holanda, Itália, Suécia. Ao nível do continente asiático são visíveis ligações a Tóquio, nomeadamente à Tohoku University e ao National Institute for Materials Science, mas também a Macau (Centro Hospitalar Conde de São Januário). De referir que no

ano em análise a Universidade do Porto estabelece relações com algumas instituições da Austrália, nomeadamente com o Griffith Centre for Cultural Research, localizado em Southport, e com a University of Melbourne, localizada em Victoria. Ao nível do continente americano realça-se algumas ligações fundamentalmente aos Estados Unidos da América (University of Arizona, The Kinsey Institute, Baylor College of Medicine, Columbia University) e ao Brasil (Direcção Geral do Ambiente, Secretaria de Estado do Ambiente e do Desenvolvimento Durável). Por fim, as ligações a África são apenas reconhecidas com a Guiné-Bissau, nomeadamente com o Instituto da Biodiversidade e das Áreas Protegidas. A nível nacional destaca-se fundamentalmente as ligações a institutos e unidades do ensino superior localizados em Lisboa, Porto, Coimbra, Aveiro, Braga, Covilhã, Vila Real e Faro. As ligações a territórios de menor dimensão, como ao Barreiro (One Ocean - Engenharia e Arquitectura Naval Lda), Estremoz (Associação Centro Ciência Viva de Estremoz), Seixal (Câmara Municipal do Seixal), Maia (Devan Micropolis, SA), justificam-se pela presença que, na maior parte dos casos correspondem a associações, empresas e instituições públicas.

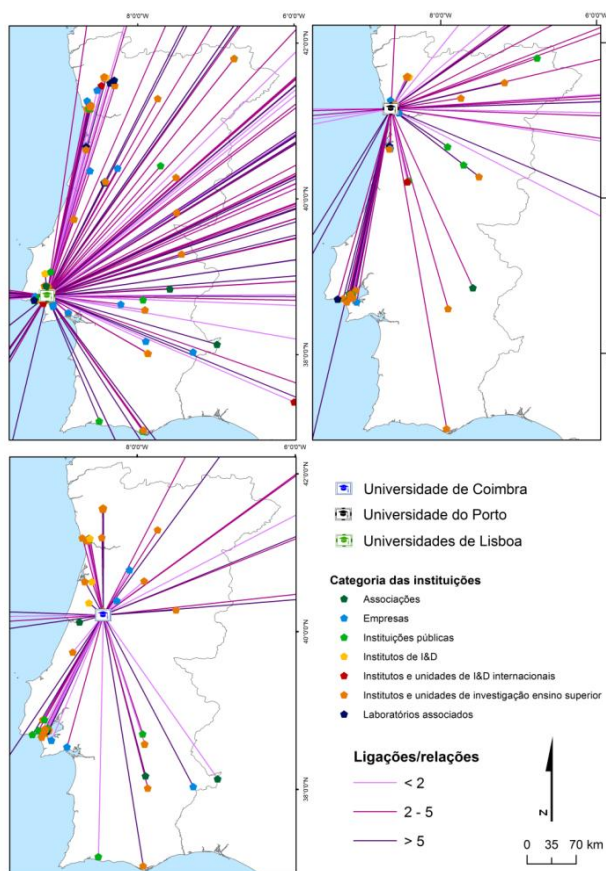


Figura 5: Rede de colaboração em projetos FCT das universidades de Lisboa, Porto e Coimbra, no ano de 2010

Relativamente à rede de colaboração científica de Coimbra a maior parte das relações envolvem instituições do continente europeu, de onde se destacam países como Espanha, Reino Unido, França e Alemanha, por apresentarem um maior número de unidades na rede. Ao nível do continente americano, realça-se a importância dos Estados Unidos da América e do Brasil, no contributo para a rede de conhecimento científico de Coimbra. A nível nacional sobressaem as ligações a territórios metropolitanos, que apresentam uma maior densidade de infraestruturas do conhecimento alavancadas ao ensino superior (Porto, Lisboa, Aveiro, Braga), mas também a territórios de proximidade no contexto regional (exemplos Cantanhede, Mortágua e Figueira da Foz), numa clara articulação com o tecido empresarial local/regional (Barros *et al*, 2014).

### **3. NOTAS FINAIS**

A leitura das redes de colaboração científica constitui um excelente indicador para o delinear das políticas públicas, no sentido de reconhecer importância às redes existentes e fomentar o aparecimento de novas redes. Estas deverão ser vistas como mais-valias para a produção e difusão do conhecimento científico, capazes de promover processos de inovação determinantes para o desenvolvimento e aumento da capacidade competitiva dos territórios.

A análise realizada permitiu identificar vários níveis de atividade das universidades públicas portuguesas no estabelecimento de parcerias e colaboração científica nos projetos de IC&DT financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). As universidades de Lisboa, Porto e Coimbra, por englobarem um maior número de infraestruturas, unidades de I&D e recursos humanos qualificados, são responsáveis pela maior parte dos projetos apoiados pela FCT. De facto, o desenvolvimento dos projetos de investigação estão associados, de grosso modo, a territórios fortemente ligados ao conhecimento, à ciência e à inovação, onde a presença de universidades, institutos politécnicos ou outras unidades de I&D e recursos humanos qualificados, despoletam iniciativas, sinergias, atividades e os próprios projetos de investigação.

Uma leitura ao nível da evolução no número de parcerias e colaborações no período considerado (2000-2010), deixa antever um fortalecimento nas relações, assente na diversidade de atores (institucional e espacial) que contribuem para o alargamento das redes ao longo dos anos. No entanto, no quadro da atual conjuntura económica do país, a progressiva diminuição nos valores de financiamento e a excessiva concentração das fontes de

apoio num reduzido número de atores, poderá condicionar a diversidade da investigação apoiada e limitar o número de intervenientes que contribuem para alavancar o sistema de investigação e inovação nacional.

## **Referências**

Barnes, J. A. (1972), “Social networks”, Addison-Wesley Module in Anthropology, 26, pp. 1-29

Barros, C., Gama, R. e Fernandes, R. (2014), “Investigação e Inovação na Universidade de Coimbra. As redes de colaboração científica nos projetos de IC&DT da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT)”, Atas do VIII Colóquio de Geografia de Coimbra, Coimbra, Departamento de Geografia e CEGOT

Baur, M., U. Brandes, J. Lerner and D. Wagner (2009), “Group-level analysis and visualization of social networks”, *Algorithmics of Large and Complex Networks*, pp. 330-358

Fernandes, Ricardo (2008), *Cidades e Regiões do Conhecimento: Do digital ao inteligente - Estratégias de desenvolvimento territorial*, Coimbra, Universidade de Coimbra

Freeman, L. C., Roeder, D., Mulholland, R. R. (1979), “Centrality in Social Networks: II. Experimental Results”, *Social Networks*, 2, pp. 119-141

Gama, R., Fernandes, R., Barros, C. (2013), “Redes de I&D da Universidade de Coimbra: análise dos projetos de IC&DT financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT)”, Atas do IX Congresso da Geografia Portuguesa, Évora, Associação Portuguesa de Geógrafos, pp. 241-246

Hansen, D., Shneiderman, B., Smith, M. (2011), *Analyzing Social Media Networks with NodeXL*, USA, Elsevier

Lemieux, V., Ouimet, M. (2004), *Análise Estrutural das Redes Sociais. Epistemologia e Sociedade*, Lisboa, Instituto Piaget

Phelps, C., Heidl, R., Wadhwa, A. (2012), “Knowledge, Networks, and Knowledge Networks. A review and Research Agenda”, *Journal of Management*, 38 (4), pp. 1115-1166

Direção Geral de Estatísticas de Educação e Ciência - <http://www.dgeec.mec.pt/>

Fundação para a Ciência e Tecnologia - <http://www.fct.pt/>