



## **TRADE-OFF OU COMPLEMENTARIEDADE ENTRE C&T? UMA ANÁLISE DO PAPEL DO LABORATÓRIO NA CONEXÃO DAS REDES DE COINVENÇÃO E COAUTORIA DOS PESQUISADORES**

Alexandre Dias

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), Rua Taiobeiras 169, Ribeirão das Neves, Minas Gerais

Sérgio Kannebley Júnior

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da USP (FEARP/USP), Avenida Bandeirantes 3900, Ribeirão Preto, São Paulo

### **Resumo**

A nossa pesquisa adiciona uma contribuição à literatura ao investigar como a participação em diferentes tipos de laboratórios de pesquisa está associada à importância que os cientistas possuem nas suas redes de colaboração científica e tecnológica e avaliar a extensão da sobreposição entre as duas redes condicionada à participação nestes laboratórios. Utilizamos uma base de dados de abrangência nacional para 1.756 laboratórios públicos de pesquisa brasileiros classificados em cinco categorias, cujas diferenças se concentram na composição da estrutura de pessoal e no escopo das atividades realizadas nos laboratórios. Combinamos dados de coinvenção em patentes e coautoria científica de 455 autores-inventores vinculados aos laboratórios e estimamos como a participação nas diferentes categorias de laboratórios se relaciona com suas centralidades de intermediação, autovetor e proximidade em ambas as redes. Nossos resultados mostram que os autores-inventores vinculados aos laboratórios com elevada participação de técnicos na estrutura de pessoal são menos prováveis de ocupar posições centrais nas redes de colaboração científica e tecnológica e que aqueles vinculados aos laboratórios universitários de média escala dedicados ao ensino, à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico estão mais susceptíveis de ocuparem posições importantes em ambas as redes. Além disso, encontramos que os autores-inventores vinculados aos laboratórios de baixa escala tendem a ocupar posições menos importantes quando a importância é ponderada pela centralidade de autovetor, enquanto os vinculados aos laboratórios de larga escala são mais prováveis de ocupar posições centrais quando a importância é ponderada pela centralidade de proximidade.

**Palavras-chave:** redes de colaboração; ciência e tecnologia; análise de redes sociais; economia da ciência.

### **Abstract**

Our research adds a contribution to the literature by investigating how the participation in different types of research laboratories is associated to the importance that scientists have in their scientific and technological collaboration networks, and the extent of overlap between the two networks conditioned to the participation in these laboratories. We used a nationwide database for 1,756 Brazilian public research laboratories classified in five categories, whose differences are concentrated in the composition of the personnel structure and in the scope of activities performed in laboratories. We combine data from patent co-authorship and scientific co-authorship of 455 authors-inventors linked to the laboratories and we estimated how the participation in different categories of laboratories is related to their betweenness, eigenvector and closeness centralities in both networks. Our results indicate that authors-inventors linked

to laboratories with high participation of technicians in the staff are less likely to occupy central positions in scientific and technological collaboration networks and that those linked to the medium-scale university laboratories dedicated to teaching, research and technological development are more likely to occupy important positions in both networks. We also found that authors-inventors linked to low-scale laboratories tend to occupy less important positions when the importance is weighted by the eigenvector centrality, whereas those linked to large-scale laboratories are more likely to occupy central positions when the importance is weighted by closeness centrality.

**Keywords:** collaboration networks; science and technology; social network analysis; economics of science.

**Área ABEIN:** Redes de inovação (4.4)

**Classificação JEL:** O31, D85

## 1 Introdução

A interação entre ciência e tecnologia (C&T) continua sendo assunto de profundo debate na agenda de pesquisa e no desenvolvimento de políticas públicas. Desde a década de 80, vários estudos buscaram testar os efeitos do patenteamento sobre a produtividade científica dos pesquisadores a fim de avaliar se a orientação para a pesquisa aplicada ocorreria às custas da marginalização da pesquisa básica. Entretanto, muitas das evidências produzidas apontam para uma forte conexão entre a produção científica e tecnológica, cujo impacto econômico associado ao desenvolvimento dos sistemas de C&T (LUNDVALL et al., 2002) tem encorajado a elaboração de políticas para fortalecer não apenas esses links dentro das instituições de pesquisa, como para fomentar a interação entre a academia e a indústria. Neste panorama, a abordagem empírica baseada na estimação de funções de produção de conhecimento consolidou-se como uma das principais metodologias para analisar a relação de trade-off versus complementariedade entre C&T, principalmente no nível individual do pesquisador.

Por sua vez, o laboratório é geralmente o local no qual os pesquisadores trabalham de forma colaborativa para realizar as atividades de pesquisa (STEPHAN, 2012). Dado que a pesquisa está fortemente apoiada em uma estrutura de produção na qual a colaboração e a interdisciplinaridade são algumas de suas principais características, mais recentemente a literatura tem buscado considerar não apenas a organização da pesquisa no nível coletivo, como adotar novas abordagens metodológicas para capturar o complexo conjunto de interações entre C&T. Particularmente, a análise de redes sociais (ARS) tem sido utilizada para explicar como os cientistas colaboram para produzir C&T e a extensão da conectividade entre essas comunidades. Assim, o objetivo da nossa pesquisa é analisar como a participação em diferentes tipos de laboratórios de pesquisa está associada à importância que os cientistas possuem nas suas redes de colaboração científica e tecnológica e avaliar a extensão da sobreposição entre as duas redes condicionada à participação nestes laboratórios. Além disso, buscamos identificar os padrões de colaboração condicionados a diferentes tipos de laboratórios.

Os trabalhos que analisam a conexão entre as redes de colaboração científica e tecnológica buscam analisar o nível de sobreposição entre as duas redes. Breschi e Catalini (2010) combinaram dados de coautoria científica com dados sobre a coinvenção de patentes no nível de pesquisadores individuais a fim de avaliar a extensão da sobreposição entre as duas comunidades e identificar o papel dos indivíduos-chave no processo de transferência de conhecimento. Eles descobriram que manter uma posição central na rede científica ocorre às custas de ser capaz de manter uma posição similar na rede tecnológica e vice-versa. Wang e Guan (2011) usaram referências não patentárias citadas por patentes para investigar a conexão entre C&T na área de nanotecnologia chinesa e observaram que a maioria dos inventores mais prolíficos e dos autores mais citados pertence ao grupo dos A-Is, o que sugere efeitos de complementariedade entre o patenteamento e a publicação. De Stefano e Zaccarin (2013) adotaram uma metodologia baseada na combinação de nomes de inventores com nomes de autores científicos e propuseram uma abordagem de rede multiplex para explorar as interações

dos A-Is. As evidências mostraram que os A-Is exercem uma função essencial para conectar as comunidades científica e tecnológica e que a conexão entre as redes de colaboração científica e tecnológica parece se beneficiar, principalmente, da complementariedade entre as competências técnicas e científicas. Entretanto, a literatura tem enfatizado a estrutura dos relacionamentos entre os pesquisadores desconsiderando o contexto organizacional no qual estão inseridos. O ambiente do laboratório estabelece um nível de organização da pesquisa no qual são combinados insumos como esforço do capital humano, conhecimento, equipamentos, materiais e espaço para produzir pesquisa. Evidentemente, podemos esperar que as características dos laboratórios possuam algum tipo de relação com as redes de colaboração científica e tecnológica dos pesquisadores. Assim, adicionamos uma contribuição inédita à literatura ao preencher uma lacuna que os estudos anteriores ainda não investigaram, ou seja, a relação entre a organização da pesquisa no nível do laboratório e a posição que os cientistas têm nas suas redes de colaboração científica e tecnológica.

Entretanto, a literatura tem enfatizado a estrutura dos relacionamentos entre os pesquisadores desconsiderando o contexto organizacional no qual estão inseridos. O ambiente do laboratório estabelece um nível de organização da pesquisa no qual são combinados insumos como esforço do capital humano, conhecimento, equipamentos, materiais e espaço para produzir pesquisa. Assim, adicionamos a nossa contribuição à literatura ao preencher uma lacuna que os estudos anteriores ainda não investigaram, ou seja, a relação entre a organização da pesquisa no nível do laboratório e as redes de colaboração científica e tecnológica dos pesquisadores. De forma inédita, a nossa pesquisa combina dados desagregados no nível do laboratório com a abordagem da ARS para analisar a relação de trade-off versus complementariedade entre C&T.

Utilizamos uma base de dados de abrangência nacional para 1.756 laboratórios públicos de pesquisa brasileiros<sup>1</sup> classificados em cinco categorias por Dias e Kannebley Júnior (2018), cujas diferenças se concentram na composição da estrutura de pessoal e no escopo das atividades realizadas nos laboratórios. Após detectarmos 455 A-Is vinculados a eles, adotamos a ARS para representar suas relações de coinvenção em patentes e coautoria científica. Em seguida, utilizamos um modelo multinomial e estimamos como a participação nas diferentes categorias de laboratórios se relaciona com as centralidades de intermediação, autovetor e proximidade dos A-Is reportadas em ambas as redes.

Este artigo está organizado em cinco seções, incluindo a seção introdutória. Na seção 2, apresentamos uma revisão da literatura sobre a complementariedade entre ciência e tecnologia e as redes de colaboração científica e tecnológica. A terceira seção apresenta a base de dados e a proposta metodológica do artigo. Na quarta seção apresentamos os resultados dos modelos econométricos. Finalmente, a última seção sumariza as considerações finais do artigo.

## **2 Revisão da literatura**

Muito esforço tem sido dedicado para compreender a interface entre C&T e até que ponto os outputs científicos e tecnológicos são complementares ou concorrentes. Esse fenômeno intensificou-se com a promulgação do Bayh-Dole Act nos EUA em 1980 ao permitir que as universidades americanas explorassem os direitos de patentes resultantes das pesquisas financiadas pelo governo, o que desencadeou uma ampla discussão sobre a possível marginalização da pesquisa básica em detrimento da pesquisa aplicada. Embora a literatura não tenha chegado a um consenso, várias evidências apontam para uma relação de interdependência entre C&T. Fabrizio e Di Minin (2008), por exemplo, constataram uma associação positiva entre a publicação e o patenteamento, sugerindo que eles são outputs complementares. Contudo, conforme a produtividade tecnológica dos pesquisadores aumenta seus trabalhos tendem a ser menos citados, uma vez que os direitos de propriedade intelectual (PI) podem inibir ou retardar

---

<sup>1</sup> Nos países em desenvolvimento, a maior parte dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) é gerada por fontes públicas de financiamento na forma de investimentos em universidades e institutos de pesquisa. Isto torna os laboratórios públicos de pesquisa não só a principal fonte de produção científica, como também de geração de tecnologia (patentes).

a publicação dos resultados de pesquisa. Breschi, Lissoni e Montobbio (2008) concluíram que além de publicarem mais, os professores inventores assinam artigos mais citados do que seus pares não inventores. Crespi, D'Este, Fontana e Geuna (2011) constataram que o patenteamento acadêmico é complementar à publicação até a produção tecnológica atingir um estoque de dez patentes, a partir do qual encontraram um efeito de substituição. Ao analisar a produtividade científica e tecnológica de 6.321 A-Is chineses, Wang e Guan (2010) concluíram que a atividade de patenteamento tem um impacto positivo sobre a produtividade científica dos cientistas. Entretanto, ao distinguirem a propriedade das patentes verificaram que as patentes de titularidade de empresas exercem um efeito negativo sobre a quantidade e a qualidade das publicações dos pesquisadores, sugerindo que a colaboração com a indústria poderia atrasar a publicação dos resultados da pesquisa ou até mesmo exigir a confidencialidade do conhecimento produzido.

Wang e Guan (2010) apontam várias razões para a complementariedade entre C&T, destacando que o patenteamento pode abrir novas oportunidades científicas, a partir das quais podem emergir novas disciplinas e aumentar a relevância dos pesquisadores nas suas comunidades de pesquisa. Além disso, ao colaborarem mais intensamente com a indústria os cientistas tendem a acessar recursos adicionais cujos níveis de produtividade científica e tecnológica seriam potencializados pelo Efeito de Mateus<sup>2</sup>. Assim, a interface entre C&T produziria externalidades positivas que impactariam nas redes de coautoria e coinvenção dos pesquisadores ao promover um processo de concentração e atração de recursos físicos, financeiros e humanos para o *locus* de pesquisa destes cientistas.

Os estudos envolvendo a conexão entre as redes de coautoria e coinvenção são resultado de um esforço mais recente que adotam a ARS para analisar a relação de trade-off versus complementariedade entre C&T. Nesta linha de pesquisa, a abordagem das redes sociais tem sido considerada um instrumento promissor para a análise empírica do processo de colaboração científica e tecnológica e do fluxo de conhecimento entre as duas comunidades. De Stefano e Zaccarin (2013) encontraram uma baixa predominância de ligações entre os pesquisadores nas redes univariadas de coautoria ou coinvenção comparativamente aos A-Is, o que fornece evidências de um alto nível de complementariedade entre C&T. Além disso, os resultados mostraram que múltiplas interações estão predispostas a ocorrer quando os A-Is são afiliados a diferentes organizações ou campos científicos, o que evidencia a existência de complementariedade entre as competências científicas e tecnológicas. Ao analisarem a interação entre a atividade científica e os outputs tecnológicos na área de nanotecnologia na China, Wang e Guan (2011) verificaram que tanto a rede de coautoria quanto de coinvenção mostraram-se fragmentadas. Entretanto, ao combiná-las em uma única rede a extensão da conectividade aumentou entre os inventores e os autores. Observou-se que a maioria dos inventores mais prolíficos e dos autores mais citados pertence ao grupo dos A-Is, o que sugere efeitos de complementariedade entre o patenteamento e a publicação.

Ao analisarem a posição dos pesquisadores em termos da capacidade de intermediar outros atores (*betweenness centrality*) e da proximidade com os demais atores (*closeness centrality*) nas redes de coautoria e coinvenção, Breschi e Catalini (2010) concluíram que apesar de determinados indivíduos serem fundamentais para conectar as duas comunidades, manter uma posição central na rede de colaboração científica ocorre às custas de ser capaz de assegurar a mesma importância na rede de colaboração tecnológica (e vice-versa). Neste sentido, os resultados apontam para uma dificuldade dos pesquisadores serem capazes de ultrapassar as fronteiras entre C&T. Ao adotarem um modelo de regressão Poisson, Cimenler, Reeves e Skvoretz (2014) encontraram que o número de conexões (*degree centrality*), a habilidade de estabelecer conexões com atores bem-conectados (*eigenvector centrality*) e a centralidade de proximidade reportados nas redes de coautoria e coinvenção têm um impacto positivo e estatisticamente significativo sobre as citações das publicações dos cientistas.

---

<sup>2</sup> O Efeito de Mateus postula que os cientistas com melhor reputação tendem a possuir maior reconhecimento, credibilidade e visibilidade quando comparados aos cientistas iniciantes ou com pouca consideração no meio acadêmico, o que lhes garante obter uma vantagem cumulativa ao longo da carreira (MERTON, 1968).

Ao analisarem as medidas de centralidade de grau e intermediação, Fonseca, Fernandes e Fonseca (2017) constataram haver sobreposição entre as redes de coautoria e coinvenção para os pesquisadores afiliados a uma das duas instituições de pesquisa analisadas. Na outra, os indivíduos com altas centralidades de grau e intermediação na rede de coautoria diferem daqueles na rede de coinvenção. Entretanto, os resultados não evidenciaram os aspectos organizacionais relacionados com tais diferenças. A este respeito, Fernández, Ferrándiz e León (2016) constataram que a distância geográfica diminui o número de colaborações científicas entre universidades distintas, enquanto semelhanças na especialização científica (proximidade cognitiva) e no tamanho da equipe encorajam a colaboração. Além disso, os resultados indicam que a intensidade da colaboração é mais forte entre as universidades localizadas em regiões com nível similar de recursos de P&D (proximidade econômica), ressaltando a importância de uma base compatível de recursos para proporcionar que as conexões se formem. Cassi e Plunket (2015) constataram que as conexões estabelecidas na rede de colaboração tecnológica são determinadas por uma forte proximidade organizacional<sup>3</sup> e tecnológica (grau de sobreposição dos códigos IPC<sup>4</sup> das patentes) e que a proximidade geográfica é menos importante quando os indivíduos já estão conectados por meio de conhecimentos comuns.

No entanto, o papel das características dos laboratórios na posição que os cientistas têm em suas redes de coautoria e coinvenção continua sendo negligenciado. Este artigo investiga essa lacuna, produzindo evidências sobre o papel do laboratório na conexão entre elas.

### 3 Metodologia

#### 3.1 Os dados e a tipologia adotada

Este estudo utilizou como base de dados uma amostra de 1.756 laboratórios públicos de pesquisa brasileiros, cujos dados primários foram coletados por meio da aplicação de um questionário aos seus respectivos coordenadores e com 2012 como ano base. Esse banco de dados resultou do esforço combinado de vários órgãos públicos brasileiros, que, graças ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), permitiu um amplo levantamento de informações sobre as condições dos laboratórios brasileiros de pesquisa. Durante o primeiro semestre de 2013, um trabalho exploratório foi realizado através de pesquisas documentais e temáticas para a identificação de laboratórios que pudessem participar da pesquisa. A busca desses laboratórios baseou-se nas áreas científicas priorizadas pela Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação para o período de 3 anos de 2012 a 2015, formuladas pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Aproximadamente 4.500 infraestruturas de pesquisa foram identificadas, vinculadas a aproximadamente 180 instituições científicas e tecnológicas. A pesquisa foi realizada por meio de formulário eletrônico enviado por e-mail para as mesmas, que foi respondido por 2.119 coordenadores. Alguns refinamentos foram aplicados a partir dessa base de dados. Primeiro, identificou-se que 292 instituições não eram laboratórios de pesquisa. Em seguida, foram identificados 71 laboratórios cujas grandes áreas de conhecimento não eram prioritárias para a pesquisa. Assim, a base de dados realmente utilizada para as análises é composta por 1.756 laboratórios<sup>5</sup>.

Na Tabela 1 é possível verificar que enquanto a atividade de pesquisa é realizada continuamente por 80,7% dos laboratórios da amostra, para as atividades de desenvolvimento tecnológico isso só é verificado em apenas 35,3% dos laboratórios. Ou seja, existe um grande contraste entre a realização contínua dessas duas atividades que deverá produzir uma forte distinção entre a produção científica e tecnológica realizada pelos laboratórios. A atividade de ensino é realizada continuamente por 39,3% dos laboratórios,

---

<sup>3</sup> Os autores medem a proximidade organizacional por meio de variáveis dummy para identificar se os inventores patenteiam para mesma organização, para o mesmo tipo de organização (empresa ou academia) e para tipos diferentes de organização (relacionamentos universidade-empresa).

<sup>4</sup> International Patent Classification.

<sup>5</sup> Os laboratórios da nossa amostra final estão concentrados nas áreas científicas de Engenharias (28%), Ciências Exatas e da Terra (21%), Ciências Biológicas (18%), Ciências Agrárias (12%), Ciências da Saúde (4%), além de uma parcela de 17% de natureza multidisciplinar.

enquanto somente uma minoria realiza as atividades de extensão tecnológica (7,9%) e serviços tecnológicos (17,9%) continuamente.

Atividades	Não realizado/ esporadicamente (%)	Alguns dias da semana/mês (%)	Continuamente (%)
Ensino	29,27	31,38	39,35
Pesquisa	7,29	12,02	80,69
Desenvolvimento tecnológico	48,86	15,83	35,31
Extensão tecnológica	81,61	10,54	7,86
Serviços tecnológicos	68,91	13,15	17,94

**Tabela 1** – Intensidade das atividades dos laboratórios de pesquisa

A exemplo de Carayol e Matt (2004), definimos os pesquisadores permanentes como aqueles com um contrato de trabalho ou funcionários públicos com mestrado ou doutorado. Pesquisadores não permanentes foram definidos como estudantes de mestrado ou doutorado, pesquisadores visitantes e bolsistas. Os não pesquisadores são técnicos com contrato de trabalho ou funcionários públicos. Como mostrado no sumário descritivo na Tabela 2, a estrutura de pessoal dos laboratórios da amostra tem em média de 15,4 indivíduos, dos quais 3,61 são pesquisadores permanentes, 8,16 são pesquisadores não permanentes e 3,63 são não pesquisadores, representando 31,05%, 46,16% e 22,79% do pessoal dos laboratórios, respectivamente.

Estrutura de pessoal	Média	Desvio- padrão
Pesquisadores permanentes	3,61	3,68
Pesquisadores não permanentes	8,16	10,73
Não pesquisadores	3,63	9,50
Pessoal total	15,40	16,94

**Tabela 2** – Sumário descritivo da estrutura de pessoal dos laboratórios

A fim de compreender como a participação em diferentes tipos de laboratórios de pesquisa está associada à importância que os cientistas possuem nas suas redes de colaboração científica e tecnológica, adotamos a tipologia proposta por Dias (2017). Nesta tipologia, os laboratórios desta amostra foram classificados em cinco categorias (Tabela 3) por meio de uma metodologia que combinou Análise de Correspondência Múltipla e Análise de Cluster Hierárquico a partir de um conjunto de variáveis relacionadas à escala (estrutura de pessoal) e ao escopo (atividades realizadas) dos laboratórios. Os resultados mostram claramente as diferenças com base nas atividades realizadas, destacando-se especialmente os laboratórios envolvidos na prestação de serviços tecnológicos e atividades de extensão tecnológica. A predominância dessas atividades nos Labs 1 e 5 foi claramente demonstrada na tipologia estabelecida. Os Labs 1, denominados “laboratórios orientados para serviços tecnológicos”, os Labs 2, denominados “laboratórios de baixa escala”, e os Labs 5, denominados “laboratórios universitários de larga escala e multidisciplinares”, destacam-se por seus altos percentuais de técnicos (57%, 25% e 32% do pessoal total, respectivamente). Os Labs 3, 4 e 5 são predominantemente laboratórios universitários, com as diferenças mais marcantes entre as atividades realizadas. Os Labs 3 destacam-se em ensino e pesquisa e os Labs 4 em ensino, pesquisa e desenvolvimento tecnológico, enquanto os Labs 5 são laboratórios multidisciplinares. O principal fator de diferenciação das atividades entre esses laboratórios e os Labs 1 e 2 é o seu engajamento no ensino e na pesquisa. A grande escala dos Labs 5 é demonstrada pelo número médio de pessoal (31,1 indivíduos) e pela relação capital-trabalho de R\$ 306 mil por pessoal ocupado. Outro item importante é a representatividade dos alunos de pós-graduação nos Labs 3, 4 e 5. Essa caracterização será essencial para entender como cada tipo de laboratório pode estar associado às redes de coinvenção e coautoria do A-Is.

#### Labs 1: Laboratórios orientados para serviços tecnológicos

Esse grupo inclui 74 laboratórios, a maioria dos quais são institutos de pesquisa (40,54%) e um percentual significativo, 36,49%, são institutos técnicos. Eles se concentram nas Engenharias (41,89%) e nas Ciências Exatas e da Terra (20,27%). Esse cluster possui uma estrutura de pessoal média de 14,82 indivíduos, predominantemente constituída por técnicos (57,4%). Esses laboratórios concentram-se predominantemente em atividades relacionadas à prestação de serviços tecnológicos. Aproximadamente 95% dos laboratórios mantêm colaborações com outros laboratórios e/ou empresas brasileiras ou estrangeiras. A relação capital-trabalho desse grupo é de R\$ 176 mil por pessoal ocupado.

#### Labs 2: Laboratórios de baixa escala

Este grupo inclui 465 laboratórios, dos quais 50,32% são institutos de pesquisa ou técnicos. Eles são predominantemente focados nos campos das Engenharias (34,41%) e nas Ciências Exatas e da Terra (21,72%). Possuem a menor estrutura de pessoal (média de 7,81 indivíduos), composta predominantemente por pesquisadores permanentes (61,57%) e técnicos (25,45%). As atividades de pesquisa são continuamente conduzidas por 41,72% desses laboratórios. Além disso, esse grupo possui proporcionalmente o maior número de laboratórios cujos pesquisadores não estão envolvidos em atividades de colaboração (30,11%). A relação capital-trabalho desse grupo é de R\$ 140 mil por pessoal ocupado.

#### Labs 3: Laboratórios universitários orientados para ensino e pesquisa

Esse grupo inclui 788 laboratórios que operam predominantemente nas Ciências Biológicas (26,02%), com uma parcela menor vinculada às Engenharias (22,21%) e às Ciências Exatas e da Terra (22,08%). Esses laboratórios estão ligados principalmente a universidades (83,63%) e possuem uma estrutura de pessoal de 14,93 indivíduos, em média. A porcentagem de pesquisadores permanentes com doutorado é alta (94,76%), embora sua participação no quadro de pessoal seja pequena (35%). Além disso, os alunos de pós-graduação representam 54,6% do quadro de pessoal desses laboratórios. Os laboratórios desse grupo estão mais engajados em atividades de pesquisa (96,95%) e de ensino (43,15%). A relação capital-trabalho desse grupo é de R\$ 147 mil por pessoal ocupado.

#### Labs 4: Laboratórios universitários de média escala

Este grupo inclui 313 laboratórios, dos quais 69,65% estão ligados a universidades. Embora as áreas de Engenharia e Ciências Exatas e da Terra sejam as áreas predominantes de pesquisa neste grupo (26,84% e 17,57%, respectivamente), uma parcela significativa desses laboratórios atua no campo das Ciências Agrárias (17,25%). O quadro de pessoal é composto por 22,83 indivíduos, em média, dos quais apenas um percentual baixo é de pesquisadores permanentes (em média, 33,85%). No entanto, 83,2% possuem doutorado. Os estudantes de pós-graduação são responsáveis pela maior parte da estrutura de pessoal (43,98%). Este grupo está fortemente associado a atividades de pesquisa (99,36%), desenvolvimento tecnológico (68,69%) e de ensino (59,11%) e proporcionalmente tem o segundo maior número de laboratórios que mantêm relações colaborativas (98,4%). A relação capital-trabalho desse grupo é de R\$ 168 mil por pessoal ocupado.

#### Labs 5: Laboratórios universitários de larga escala e multidisciplinares

Esse grupo inclui 116 laboratórios, dos quais 68,10% estão vinculados a universidades, operando predominantemente em múltiplas áreas do conhecimento (31,89%) e nas Engenharias (30,17%). Esses laboratórios têm a maior estrutura média de pessoal (31,14 indivíduos). As características que mais se destacam são as porcentagens de alunos de pós-graduação (39,71%) e de técnicos (31,92%). Este grupo possui um alto percentual de laboratórios que realizam continuamente diversas atividades, incluindo ensino, pesquisa, desenvolvimento tecnológico, serviços tecnológicos e extensão tecnológica. Além disso, todos os laboratórios informaram manter relações de colaboração. A relação capital-trabalho deste grupo é de R\$ 306 mil por pessoal ocupado.

Fonte: Adaptado de Dias (2017).

**Tabela 3 – Tipologia dos laboratórios brasileiros**

Os laboratórios da amostra reportaram um total de 5.200 pesquisadores permanentes, a partir dos quais detectamos os A-Is. Para identifica-los, mapeamos os pesquisadores permanentes com título de doutorado que figuraram como inventores de depósitos de pedidos de patentes no período de 2009 a 2013. Os dados sobre a produção tecnológica dos inventores foram obtidos com base em uma ampla consulta no website do INPI e no Thomson Innovation. Em seguida, rastreamos os artigos publicados por estes inventores informados na Plataforma Lattes do CNPq no mesmo período. Mapeamos um total de 455 A-Is que figuraram como inventores de 629 depósitos de pedidos de patentes e publicaram 8.787 artigos distintos no período de 2009 a 2013.

A Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas referentes à produção científica e tecnológica dos A-Is por tipo de laboratório. É importante destacar que enquanto um laboratório só pode estar associado a uma categoria da tipologia, um pesquisador pode ser afiliado a mais de um laboratório. Assim, definimos uma categoria adicional (multilabs) para representar os A-Is vinculados a mais de um laboratório. Dos 5.200 pesquisadores permanentes, 15 A-Is estão nos Labs 1, 28 nos Labs 2, 171 nos Labs 3, 122 nos Labs 4, 72 nos Labs 5 e 47 correspondem aos A-Is multilabs. Os A-Is dos Labs 3 reúnem o maior estoque de produção científica e tecnológica, de 4.298 artigos e 287 patentes. Entretanto, encontramos médias superiores de produção científica e tecnológica entre os A-Is multilabs (34,66 artigos e 2,85 patentes)

sobressaindo-se, também, a produção científica dos A-Is dos Labs 3 (25,13 artigos) e a produção tecnológica dos vinculados aos Labs 1 (2,80 patentes). Os artigos assinados pelos A-Is dos Labs 2 possuem o maior número médio de coautores (6,94), enquanto a invenção das patentes dos A-Is dos Labs 5 é compartilhada, em média, por 5,33 coinventores. Nos dois casos um número maior de coinventores e coautores está associado a indicadores de produtividade mais modestos.

Tipos de labs	Nº Pesq. Perm.	Nº A-Is	Nº patentes	Patentes (média)	Coinventores (média)	Nº artigos	Artigos (média)	Coautores (média)
Labs 1	165	15	42	2,80	3,38	153	10,20	6,48
Labs 2	890	28	52	1,86	3,79	350	12,50	6,94
Labs 3	2.073	171	287	1,68	5,13	4.298	25,13	6,69
Labs 4	1.179	122	247	2,02	4,98	2.876	23,57	6,48
Labs 5	480	72	130	1,81	5,33	1.711	23,76	6,47
Multilabs	413	47	134	2,85	4,52	1.629	34,66	6,32
N	5.200	455	629 <sup>6</sup>	1,38	4,39	8.787 <sup>10</sup>	19,31	6,28

**Tabela 4** – Sumário estatístico das patentes e publicações

### 3.2 Análise das propriedades das redes e do papel do laboratório na posição dos A-Is nas redes de invenção e coautoria

Em uma rede social as pessoas ou grupos são denominados de “atores” ou “nós” e as conexões são chamadas de “laços” que expressam as relações entre eles (ABBASI; HOSSAIN, 2011). De acordo com Jackson (2008), o conjunto  $N = \{1, \dots, n\}$  corresponde ao conjunto de nós envolvidos em uma rede de relacionamentos. A forma de rede canônica é um grafo não dirigido, no qual dois nós são mutuamente conectados ou não, como se observa nas redes de colaboração. Uma definição formal estabelece que um grafo  $(N, g)$  consiste em um conjunto de nós  $N = \{1, \dots, n\}$  e uma matriz  $n \times n$   $g$  de valor real, onde  $g_{ij}$  representa a relação direta entre  $i$  e  $j$ .

Assumimos, similar a Breschi e Catalini (2010), que existe um laço de coautoria quando dois autores compartilham a autoria de um artigo e um laço de invenção quando dois inventores compartilham a invenção de uma patente. Utilizamos estas relações para representar duas redes sociais: uma que incluiu os laços de invenção e outra que incluiu os laços de coautoria dos A-Is. Para analisar as propriedades gerais das redes, levamos em conta um conjunto de estatísticas que fornecem insights significativos sobre suas estruturas:

1. o grau médio, que corresponde ao número médio de conexões que os nós estabelecem em uma rede, definido por  $2g/N$ , em que  $g$  é o número de relações existentes na rede e  $N$  é o número de nós que a compõe.
2. a densidade, que diz respeito a quanto os nós de uma rede relacionam-se entre si, expressa por  $2g/N(N - 1)$ . A medida de densidade varia de 0 a 1, sendo que 0 significa que não há relação entre os atores da rede e 1 é o máximo nível de relação entre eles. Quanto mais os nós estão conectados uns aos outros, maior é a densidade da rede, indicando um nível maior de coesão entre os atores (ABBASI; HOSSAIN, 2011).
3. o número de componentes conectados, que representa o número de subredes em que cada par de nós na subrede esteja conectado por uma sequência de links. Assim, os componentes de uma rede são os subgrafos conectados distintos de uma rede. Muitas redes não estão totalmente conectadas e podem consistir em vários componentes separados. Quanto menor é o número de componentes conectados, mais conectada é a rede (CHERVEN, 2015).
4. o maior componente conectado como fração do total de nós da rede, representado pela subnetwork que concentra a fração mais significativa dos nós da rede.

<sup>6</sup> Estes totais correspondem ao número de documentos distintos, entre os quais encontramos artigos e patentes produzidos por A-Is de diferentes tipos de laboratórios, assim foram contabilizados mais de uma vez para fins de obtenção das médias associadas com as respectivas categorias de laboratórios envolvidas com a sua produção.



5. o comprimento médio de caminho no maior componente, que fornece uma medida de eficiência da comunicação em uma rede ao reportar o caminho mais curto possível entre todos os nós (CHERVEN, 2015).

A fim de analisar a posição dos A-Is nas redes de coinvenção e coautoria, nós computamos diferentes medidas de centralidade de rede. Essas medidas nos permitem comparar os nós e dizer algo sobre como um determinado nó se relaciona com a rede. Adotamos as centralidades de intermediação e proximidade, similar a Breschi e Catalini (2010), e a centralidade de autovetor, a exemplo de Cimenler, Reeves e Skvoretz (2014). Os índices, padronizados entre 0 e 1, representam o seguinte:

1. Centralidade de intermediação: indica quanto um nó faz papel de conector e expressa o controle que um nó exerce sobre o fluxo de informação e outros recursos (NEWMAN, 2008). É determinada por:

$$Ce_i^B(g) = \sum_{k \neq j: i \notin \{k, j\}} \frac{P_i(kj) / P(kj)}{(N-1)(N-2)/2}, \quad (1)$$

onde  $P_i(kj)$  representa o número de geodésicas (caminhos mais curtos) que conectam os nós  $k$  e  $j$  entre os quais se encontra  $i$  e  $P(kj)$  refere-se ao número total de geodésicas entre  $k$  e  $j$  e  $N$  corresponde ao número de nós.

2. Centralidade de autovetor: considera não apenas a conectividade ou a densidade das ligações de um nó, mas também a importância dos nós vizinhos. A relevância atribuída a um determinado nó é determinada tanto pelo número de conexões, como pela proporção com a qual ele se relaciona com nós influentes. Ela é expressa por:

$$\lambda Ci^e(g) = \sum_j g_{ij} Ci^e(g), \quad (2)$$

onde a centralidade do nó é proporcional à soma da centralidade dos vizinhos e  $\lambda$  é o fator de proporcionalidade, também denominado *eigenvalue*. O elemento da equação da rede ( $g$ ) denominado *eigenvector* é representado por  $Ci^e(g)$ .

3. Centralidade de proximidade: expressa o quanto um determinado nó se encontra próximo dos outros e pode ser interpretada como uma medida de quanto tempo leva para a informação se espalhar na rede (BRESCHI; CATALINI, 2010). Formalmente, a medida de proximidade é apenas o inverso da distância média entre  $i$  e qualquer outro nó  $j$ :  $(n-1)/\sum_{j \neq i} \ell(i, j)$ , onde  $\ell(i, j)$  é o número de ligações no caminho mais curto entre  $i$  e  $j$ . No Gephi, um nó com forte centralidade de proximidade representa que ele possui caminhos mais curtos para alcançar os outros nós dentro da rede. Como estamos falando sobre quantos passos é necessário para um nó alcançar todos os outros, quanto menor esse indicador maior será a sua importância em termos da proximidade com os demais (CHERVEN, 2015).

Adotamos um modelo multinomial logit com resultados ordenados para medir a associação entre as diferentes categorias de laboratórios e os indicadores de centralidade obtidos nas redes de coinvenção e coautoria. Dessa forma, pudemos analisar não apenas como a participação em diferentes tipos de laboratórios está associada à importância que os A-Is possuem nas redes de C&T, como verificar a quais laboratórios pertencem os A-Is mais importantes em ambas as redes. Assim, pudemos compreender o papel do laboratório na conexão entre as redes de coinvenção e coautoria dos A-Is. De acordo com Cameron e Trivedi (2009), os resultados ordenados são modelados para surgirem sequencialmente à medida que uma variável latente,  $y^*$ , cruza limites progressivamente mais altos. No nosso caso,  $y^*$  é uma medida não observada da importância dos A-I nas redes de coinvenção e coautoria, onde os limites foram definidos com base em categorias de acordo com as distribuições das medidas de centralidade que adotamos. Para um indivíduo  $i$ , especificamos

$$y_i^* = x'_i \beta + u_i \quad (3)$$

Nessa formulação, o vetor  $x$  é composto por variáveis dummy que vinculam os A-Is aos tipos de laboratórios discriminados por Dias (2017) (Labs 1, Labs 2, Labs 3, Labs 4, Labs 5, and Multilabs), além das variáveis de controle de senioridade, gênero (Masculino e Feminino) e áreas do conhecimento dos pesquisadores. As áreas de conhecimento dos A-Is foram extraídas na Plataforma Lattes do CNPq (Ciências Agrárias (Agrar.); Ciências Biológicas (Biol.); Engenharias (Eng.); Ciências Exatas e da Terra (Exatas); Ciências da Saúde (Saúde); e uma denominada Outras para a combinação de duas ou mais dessas áreas). A variável de senioridade representa a diferença entre 2013 e o ano de obtenção do título de doutorado dos A-Is. O grupo de referência para o tipo de laboratório é o multilabs, para o gênero é o feminino e para a área de conhecimento são as Engenharias.

Para um modelo ordenado de  $m$  categorias, Cameron e Trivedi (2009) especificam que

$$y_i = j \text{ se } \alpha_{j-1} < y_i^* < \alpha_j, \quad j = 1, \dots, m \quad (4)$$

onde  $\alpha_0 = -\infty$  e  $\alpha_m = \infty$ , logo:

$$\begin{aligned} \Pr(y_i = j) &= \Pr(\alpha_{j-1} < y_i^* \leq \alpha_j) \\ &= F(\alpha_j - x'_i \beta) - F(\alpha_{j-1} - x'_i \beta) \end{aligned} \quad (5)$$

em que  $F$  é a função de distribuição cumulativa de  $u_i$  e  $u$  é distribuído logisticamente com  $F(z) = e^z / (1 + e^z)$ .

Definimos o número de categorias do modelo econométrico a partir da análise das distribuições empíricas das medidas de centralidade em ambas as redes, apresentadas na seção 4.2. Já o efeito marginal na probabilidade de o indivíduo se encontrar em uma categoria  $j$  quando o regressor  $x_i$  muda é dado por

$$\frac{\partial \Pr(y_i = j)}{\partial x_{ri}} = \{F'(\alpha_{j-1} - x'_i \beta) - F'(\alpha_j - x'_i \beta)\} \beta_r \quad (6)$$

## 4 Resultados

### 4.1 As características das redes de coinvenção e coautoria dos A-Is

As estatísticas de conectividade das redes de coinvenção e coautoria dos A-Is vinculados aos laboratórios brasileiros estão apresentadas na Tabela 6. A rede de coinvenção contém 1.917 nós que possuem 5,54 conexões em média e é constituída por 270 componentes conectados. Esta é uma característica comum às redes de coinvenção, que ao se estabelecerem sob fortes laços de confiança por conta das expectativas de exploração comercial deste tipo de conhecimento, tornam-se fragmentadas com uma grande quantidade de componentes conectados constituídos de poucos nós (BRESCHI; CATALINI, 2010). Já a rede de coautoria é composta por 22.020 atores que possuem, em média, 13,36 conexões. A alta conectividade da rede de coautoria em relação à rede de coinvenção é demonstrada pela estatística de 33 componentes conectados e por uma fração de 98,47% dos nós no maior componente conectado, o que caracteriza as propriedades de mundo pequeno comuns às redes de colaboração científica (FLEMING; KING; JUDA, 2007) com o predomínio de densos agrupamentos próximos uns dos outros pelo qual o conhecimento flui dentro da rede (DE STEFANO et al., 2013).

Comparativamente ao tamanho da rede de coinvenção, o comprimento médio do caminho na rede de coautoria (5.00) também indica um alto nível de eficiência de comunicação. A densidade da rede de coinvenção, que é três vezes maior do que na rede de coautoria, indica que uma porção maior das conexões possíveis foi concluída. Essas evidências demonstram como as regras que governam as rotinas de interação e as políticas de colaboração científica e

tecnológica são diferentes. Essas diferenças ficam mais evidentes quando comparamos os grafos das duas redes apresentados na Figura 1.

<b>Estatísticas</b>	<b>Rede de coinvenção</b>	<b>Rede de coautoria</b>
Nós	1.917	22.020
Grau médio	5,54	13,36
Densidade	0,003	0,001
Componentes conectados	270	33
Maior componente conectado (% nós)	3,39	98,47
Comprimento médio de caminho	3,13	5,00

Fonte: Elaborada a partir das estatísticas reportadas no Gephi.

**Tabela 5** – Estatísticas das redes de coinvenção e coautoria dos A-Is

A Tabela 6 apresenta as estatísticas de conectividade das redes dos A-Is por tipo de laboratório ao qual estão vinculados. Comparativamente à rede de coautoria, a rede de coinvenção dos A-Is dos Labs 1 (orientados para serviços tecnológicos) apresenta diferenças menos marcantes. Neste caso, encontramos uma diferença menor entre o número de nós, o tamanho dos maiores componentes conectados e o comprimento médio de caminho. Isto nos permite concluir que os A-Is dos Labs 1 parecerem participar de redes de coinvenção e coautoria constituídas por uma estrutura semelhante, em que a produção científica não mobiliza a expansão da rede de coautoria. Em termos das características destes laboratórios, isto parece estar associado à especialização do escopo em serviços tecnológicos e à elevada participação dos técnicos na estrutura organizacional. As redes dos A-Is dos Labs 2 (laboratórios de baixa escala) chamam a atenção dado que encontramos que os A-Is estabelecem 4,3 vezes mais conexões na rede de coautoria do que na rede de coinvenção. Nestes laboratórios, cuja equipe é constituída predominantemente por pesquisadores permanentes, os A-Is nitidamente não estão inseridos em redes de colaboração tecnológica abrangentes.

Para os A-Is dos Labs 3 (laboratórios universitários orientados para ensino e pesquisa) e os multilabs observamos que em relação à rede de coautoria, a densidade da rede de coinvenção é sete vezes maior. Neste caso, podemos associar as características destes laboratórios com a capacidade de permitir que mais ligações sejam completadas na rede de coinvenção. A participação dos estudantes de pós-graduação, que é uma característica marcante destes laboratórios, pode ser associada à maior conectividade das redes de coinvenção e coautoria destes A-Is. Dado que os estudantes são determinantes para a produtividade científica (CARAYOL; MATT, 2004; HORTA; LACY (2011) e tecnológica (GURMU; BLACK; STEPHAN, 2010), podemos esperar que as redes dos A-Is vinculados aos laboratórios universitários sejam mais abrangentes e conectadas. Isto também fica demonstrado pelo comprimento médio de caminho, cuja diferença entre a estatística reportada nas redes de coinvenção e coautoria é de apenas 1,7 vezes para os A-Is dos Labs 4 (laboratórios universitários de média escala), indicando que em relação à rede de coautoria, precisam de menos passos para alcançar os nós na rede de coinvenção. Chamamos a atenção para os A-Is dos Labs 5 (laboratórios universitários e larga escala e multidisciplinares), cujas redes compartilham algumas características semelhantes às dos A-Is dos Labs 1 e 2. Embora estes laboratórios sejam predominante universitários e realizem múltiplas atividades de C&T, a rede de coinvenção destes A-Is, comparativamente à rede de coautoria, concentra uma fração menos significativa dos nós, cujo número médio de conexões representa apenas 36,4% do número estabelecido na rede de coautoria. Apesar de apresentarem a maior estrutura média de pessoal, a participação expressiva dos técnicos na estrutura de pessoal os aproximam dos Labs 1 e 2 na tipologia proposta por Dias (2017).

<b>Estatísticas</b>	<b>Redes de coinvenção</b>	<b>Redes de coautoria</b>
Labs 1		
Nós	72	426

Grau médio	3,89	9,96
Densidade	0,055	0,023
Componentes conectados	14	9
Maior componente conectado (% nós)	23,61	57,51
Comprimento médio de caminho	1,64	2,65
<b>Labs 2</b>		
Nós	151	1.321
Grau médio	3,85	16,68
Densidade	0,026	0,013
Componentes conectados	29	19
Maior componente conectado (% nós)	11,26	67,98
Comprimento médio de caminho	1,67	5,09
<b>Labs 3</b>		
Nós	793	9.777
Grau médio	5,69	13,89
Densidade	0,007	0,001
Componentes conectados	113	18
Maior componente conectado (% nós)	7,44	97,32
Comprimento médio de caminho	2,51	5,03
<b>Labs 4</b>		
Nós	573	6.575
Grau médio	5,35	13,03
Densidade	0,009	0,002
Componentes conectados	80	15
Maior componente conectado (% nós)	9,95	95,7
Comprimento médio de caminho	3,21	5,32
<b>Labs 5</b>		
Nós	323	3.764
Grau médio	5,89	16,19
Densidade	0,018	0,004
Connected componentes	50	16
Maior componente conectado (% nós)	10,84	89,9
Comprimento médio de caminho	1,59	5,44
<b>Multilabs</b>		
Nós	287	3.790
Grau médio	6,41	11,32
Densidade	0,022	0,003
Connected componentes	40	10
Maior componente conectado (% nós)	12,54	94,27
Comprimento médio de caminho	1,68	5,17

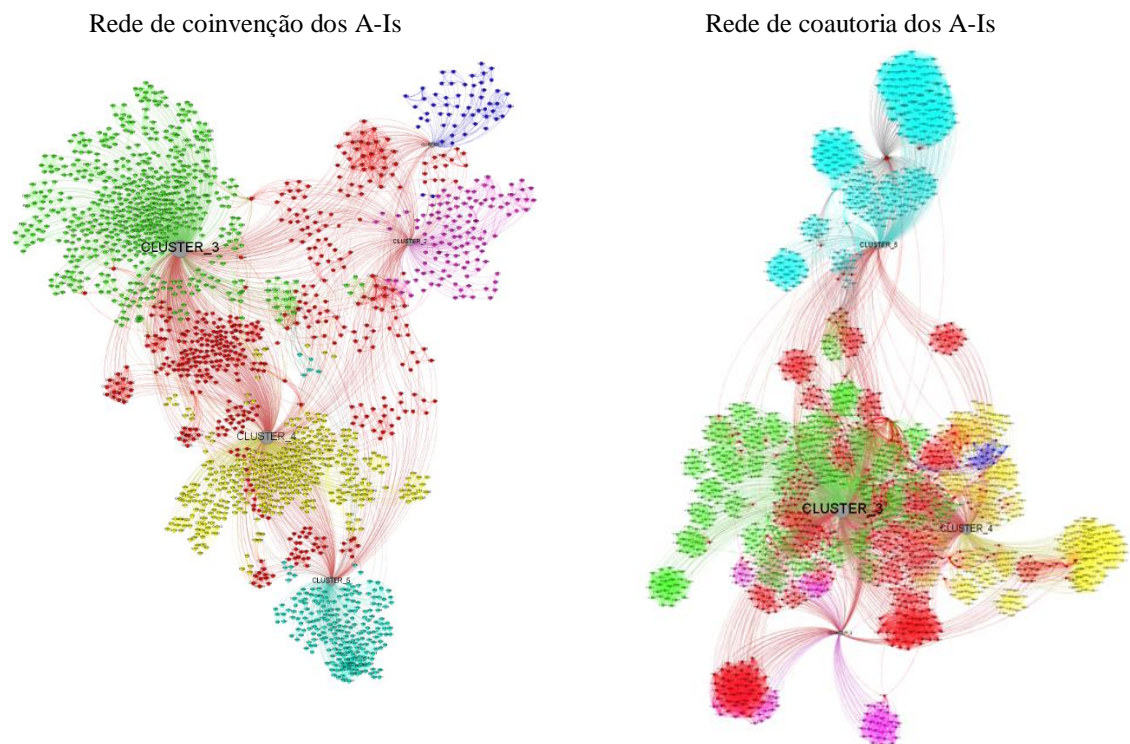
Fonte: Elaborada a partir das estatísticas reportadas no Gephi.

**Tabela 6** – Estatísticas das redes de coinvenção e coautoria dos A-Is, por tipo de laboratório

A fim de estabelecer uma distinção entre os padrões de colaboração dos A-Is condicionados aos tipos de laboratórios, classificar as comunidades das redes de coinvenção e coautoria de acordo com a tipologia dos laboratórios e obtivemos os grafos apresentados na Figura 1. Nestes grafos, associamos os nós relativos aos indivíduos não identificados na base de dados com os tipos de laboratórios em que participam os A-Is com os quais colaboraram, considerando que a colaboração pressupõe o compartilhamento de uma base de conhecimento e de recursos em comum. Dessa forma, produzimos evidências sobre como o conhecimento científico e tecnológico é compartilhado entre os diferentes tipos de laboratórios e como o fluxo desse conhecimento ocorre condicionado às características dos laboratórios. Os nós dos atores associados aos laboratórios classificados nos grupos 1, 2, 3, 4 e 5 foram coloridos de azul escuro, rosa, verde, amarelo e azul claro, respectivamente, enquanto os nós vermelhos representam os indivíduos multilabs.

Na rede de coinvenção, os nós associados aos laboratórios do grupo 3 nitidamente colaboram mais com os do 4, enquanto os afiliados aos grupos 1 e 2 interagem mais fortemente. Já na rede de coautoria, os nós vinculados aos laboratórios do grupo 3 tendem a ocupar a região central do grafo, colaborando com os atores dos demais tipos de laboratórios. Ainda assim, podemos observar uma interação mais intensa entre os atores vinculados aos laboratórios dos

grupos 3 e 4, representados pelos nós vermelhos que unem essas duas comunidades. As nossas constatações adicionam uma nova contribuição à literatura ao mostrar que, ao considerar a organização da pesquisa no nível do laboratório, a proximidade das características organizacionais parece fundamental no estabelecimento dos vínculos de colaboração. Além disso, os atores tendem a buscar a complementariedade entre as agendas de pesquisa científica e tecnológica evidenciada pela necessidade de acessar conhecimentos que não são produzidos no âmbito do escopo das atividades realizadas pelos laboratórios. Neste sentido, os nossos resultados são coerentes com as conclusões de Fernández, Ferrándiz e León (2016) ao ressaltarem a importância de uma base compatível de recursos (cognitivos e econômicos) para proporcionar que as conexões se formem, e de Cassi e Plunket (2015), que verificaram que a proximidade das características da organização determina o estabelecimento das conexões.



Fonte: Resultados gerados no Gephi.

**Figura 1** – Comunidades nas redes de coinvenção e coautoria dos A-Is baseadas da tipologia dos laboratórios

#### 4.2 A relação entre os laboratórios, a posição dos A-Is nas redes de coinvenção e coautoria e a conexão entre as redes de coinvenção e coautoria

Nesta seção apresentamos as estatísticas descritivas das variáveis, destacando as estatísticas de centralidade reportadas nas redes de coinvenção e coautoria e por meio das quais definimos o número de categorias que adotamos no modelo multinomial com resultados ordenados. Em seguida, apresentamos os resultados da modelagem econométrica. Quando analisamos as estatísticas da rede de coinvenção, as médias das centralidades de intermediação e autovetor dos A-Is multilabs (0,03 e 0,06) são maiores. Ao analisar a centralidade de proximidade verificamos que os A-Is dos Labs 2 possuem a maior média (0,89), que neste caso indica uma fraca centralidade de proximidade. A atuação em duas ou mais áreas do conhecimento está associada a uma centralidade de intermediação média de 0,03, enquanto os A-Is das Ciências Agrárias reportam médias de 0,06 e 0,91 para as centralidades de autovetor e proximidade, respectivamente. Não encontramos diferenças substanciais nas médias das centralidades por gênero e a centralidade de proximidade apresenta uma correlação mais forte com a senioridade (0,20).

Na rede de coautoria, os A-Is multilabs apresentam centralidade de intermediação média maior, de 0,06, bem como média superior de centralidade de autovetor, junto com os A-Is dos

Labs 3, 4 e 5, todos com médias iguais a 0,03. Os A-Is dos Labs 1 e 2 possuem a maior centralidade de proximidade média (0,37 e 0,34). Os A-Is de Ciências Biológicas e Ciências Exatas estão associados a uma centralidade de intermediação média de 0,05 e a centralidade de autovetor média é maior para os A-Is de Ciências Biológicas (0,07). Na rede de coautoria, também não verificamos diferenças substanciais nas médias das centralidades por gênero e as centralidades de intermediação e autovetor apresentam uma correlação mais forte com a senioridade, de 0,25 e 0,10, respectivamente.

Assim, os A-Is vinculados a múltiplos laboratórios parecem ser mais importantes nas redes de coinvenção e coautoria quando a importância é ponderada pelas centralidades de intermediação e autovetor. Na rede de coautoria, os A-Is dos Labs 3, 4 e 5 também tendem a ser mais importantes quando a importância é ponderada pela centralidade de autovetor. Os A-Is dos Labs 2 (laboratórios de baixa escala), nitidamente, parecem se encontrar mais distantes dos demais atores, principalmente na rede de coinvenção. Em todas as estatísticas descritivas nós encontramos medidas de skewness e kurtosis que mostram desigualdades nas medidas de centralidade, independente do tipo de laboratório ao qual os A-Is estão vinculados.

Variáveis	Obs.	Rede de coinvenção					Rede de coautoria				
		Média	DP	Skew- ness	Kurto- sis	Corr.	Média	DP	Skew- ness	Kurto- sis	Corr.
Centralidade de intermediação											
Labs 1	15	0,03	0,09	3,31	12,26	-	0,02	0,03	2,18	6,73	-
Labs 2	28	0,02	0,09	4,98	25,91	-	0,02	0,02	1,67	4,68	-
Labs 3	171	0,02	0,09	9,67	107,57	-	0,04	0,05	3,40	17,55	-
Labs 4	122	0,02	0,10	6,42	45,87	-	0,03	0,05	6,18	53,65	-
Labs 5	72	0,01	0,02	4,69	25,28	-	0,03	0,04	2,49	9,68	-
Multilabs	47	0,03	0,14	6,16	40,71	-	0,06	0,15	5,74	37,01	-
Agric.	19	0	0	2,26	6,50	-	0,03	0,03	2,37	8,69	-
Biol.	66	0,01	0,02	5,42	35,03	-	0,05	0,06	2,06	7,34	-
Eng.	107	0,02	0,10	8,49	78,60	-	0,01	0,02	2,47	10,87	-
Exatas	63	0,01	0,05	6,54	48,35	-	0,05	0,13	6,56	48,61	-
Saúde	13	0,02	0,05	2,51	8,15	-	0,03	0,03	0,96	3,35	-
Outras	187	0,03	0,11	6,38	47,03	-	0,04	0,06	4,47	29,83	-
Masculino	322	0,02	0,11	7,01	56,55	-	0,04	0,08	7,70	85,57	-
Feminino	133	0,01	0,02	4,74	29,20	-	0,03	0,03	2,18	8,81	-
Senioridade	455	16,30	7,92	0,51	2,71	-0,02	16,30	7,92	0,51	2,71	0,25
Centralidade de autovetor											
Labs 1	15	0,01	0,01	2,22	7,36	-	0,01	0,01	1,39	4,36	-
Labs 2	28	0,01	0,01	2,88	10,59	-	0,02	0,08	4,82	24,84	-
Labs 3	171	0,03	0,06	4,33	23,74	-	0,03	0,08	9,83	110,44	-
Labs 4	122	0,03	0,03	1,78	5,19	-	0,03	0,07	8,49	80,51	-
Labs 5	72	0,04	0,13	5,32	31,96	-	0,03	0,10	4,84	27,18	-
Multilabs	47	0,06	0,20	4,18	19,17	-	0,03	0,05	4,75	27,58	-
Agric.	19	0,06	0,13	2,10	5,72	-	0,01	0,01	2,21	7,51	-
Biol.	66	0,03	0,06	4,28	22,38	-	0,07	0,16	4,44	23,65	-
Eng.	107	0,02	0,10	9,19	90,47	-	0,01	0,01	3,44	20,61	-
Exatas	63	0,02	0,04	2,17	6,54	-	0,03	0,06	4,99	28,67	-
Saúde	13	0,02	0,02	1,27	3,32	-	0,02	0,02	0,77	2,58	-
Outras	187	0,04	0,11	6,72	52,28	-	0,02	0,06	7,83	72,88	-
Masculino	322	0,04	0,11	6,88	56,21	-	0,03	0,09	7,95	74,75	-
Feminino	133	0,02	0,04	5,56	42,82	-	0,02	0,05	6,07	44,06	-
Senioridade	455	16,30	7,92	0,51	2,71	-0,07	16,30	7,92	0,51	2,71	0,10
Centralidade de proximidade											
Labs 1	15	0,74	0,37	-1,07	2,68	-	0,37	0,33	1,49	3,23	-
Labs 2	28	0,89	0,25	-2,26	7,48	-	0,34	0,29	1,80	4,46	-
Labs 3	171	0,80	0,26	-1,01	3,24	-	0,25	0,16	4,28	20,48	-
Labs 4	122	0,81	0,25	-1,09	3,42	-	0,26	0,17	3,84	16,49	-
Labs 5	72	0,87	0,24	-1,76	4,98	-	0,26	0,18	3,70	15,18	-
Multilabs	47	0,84	0,23	-1,40	4,85	-	0,26	0,17	3,68	15,62	-

Agric.	19	0,91	0,17	-2,13	6,76	-	0,20	0,03	0,13	2,25	-
Biol.	66	0,83	0,22	-0,68	1,69	-	0,24	0,02	0,33	3,15	-
Eng.	107	0,85	0,27	-1,85	5,50	-	0,30	0,27	2,09	5,57	-
Exatas	63	0,81	0,28	-1,40	4,33	-	0,27	0,17	4,05	17,98	-
Saúde	13	0,76	0,33	-1,05	3,01	-	0,23	0,03	0,01	1,54	-
Outras	187	0,80	0,25	-0,86	2,70	-	0,26	1,18	3,76	15,75	-
Masculino	322	0,82	0,27	-1,41	4,18	-	0,27	0,21	3,15	11,31	-
Feminino	133	0,82	0,22	-0,65	1,88	-	0,25	0,13	5,05	28,98	-
Senioridade	455	16,30	7,92	0,51	2,71	0,20	16,30	7,92	0,51	2,71	0,01

**Tabela 7** – Estatísticas descritivas das variáveis do modelo econométrico

A Tabela 10 apresenta as distribuições das medidas de centralidade dos A-Is em ambas as redes, a partir das quais definimos o número de categorias utilizado na modelagem econométrica com o auxílio dos gráficos distribucionais por quantil (Supplementary Material). Verificamos que somente os últimos 10% A-Is respondem por níveis de centralidade superiores às médias. As únicas exceções acontecem para a centralidade de intermediação na rede de coautoria, cujas medidas superam a média a partir do percentil 75. E também para a centralidade de proximidade na rede de coinvenção, em que metade dos A-Is apresenta índices acima da média. Dadas as distribuições empíricas das variáveis, classificamos as medidas de centralidade dos A-Is em três categorias (baixa, média e alta) em ambas as redes.

Percentis	Rede de coinvenção						Rede de coautoria					
	Interme- diação	Cate- gorias	Auto- vetor	Cate- gorias	Proxi- midade	Cate- gorias	Interme- diação	Cate- gorias	Auto- vetor	Cate- gorias	Proxi- midade	Cate- gorias
1%	0	Baixa	0	Baixa	0	Baixa	0	Baixa	0	Baixa	0,144	Baixa
5%	0	Baixa	0	Baixa	0,346	Baixa	0	Baixa	0	Baixa	0,161	Baixa
10%	0	Baixa	0,001	Baixa	0,442	Baixa	0	Baixa	0,001	Baixa	0,177	Baixa
25%	0	Baixa	0,004	Baixa	0,633	Média	0,005	Baixa	0,003	Média	0,199	Baixa
50%	0	Baixa	0,008	Baixa	1	Alta	0,018	Média	0,010	Média	0,224	Média
75%	0,002	Média	0,026	Média	1	Alta	0,039	Média	0,024	Média	0,247	Média
90%	0,028	Média	0,067	Média	1	Alta	0,084	Alta	0,045	Média	0,268	Média
95%	0,068	Alta	0,117	Alta	1	Alta	0,123	Alta	0,061	Alta	1	Alta
99%	0,457	Alta	0,394	Alta	1	Alta	0,275	Alta	0,416	Alta	1	Alta

**Tabela 8** – Distribuições das medidas de centralidade nas redes de coautoria e coinvenção e respectivas categorias

Uma vez definidas as categorias, os resultados dos efeitos marginais das regressões em que as variáveis dependentes são as centralidades de intermediação, autovetor e proximidade obtidas na rede de coinvenção dos A-Is estão apresentados na Tabela 11. O grupo de referência para o tipo de laboratório é o multilabs e para a área de atuação é a Engenharias. De um modo geral, podemos verificar que os A-Is dos laboratórios 1, 2 e 5 apresentam diferenciais inferiores nas probabilidades nas categorias que representam fortes centralidades, indicando que tendem a ser menos importantes comparados ao grupo de referência em pelo menos uma das medidas de centralidade adotadas. Em relação à centralidade de intermediação, os A-Is dos laboratórios 1 e 5 possuem probabilidades 19,23% e 13,26% maiores de pertencerem à faixa mais baixa da distribuição e diminuem quando a variável latente cruza as categorias média e alta. Por exemplo, eles possuem uma probabilidade 6,07% e 4,57% menor de pertencerem a categoria alta da distribuição da centralidade de intermediação, respectivamente.

Os A-Is dos laboratórios do tipo 2 estão associados a uma probabilidade 26,84% maior de pertencerem à categoria baixa da distribuição da centralidade de autovetor, enquanto as probabilidades são 20,27% e 6,46% menores para as categorias média e alta. Ao analisar os resultados para a centralidade de proximidade é importante reforçar que quanto maior a medida que um nó possui, mais distante ele está dos demais dentro da rede. Assim, podemos verificar que os estes A-Is tendem a estar mais distantes dos outros nós na rede de coinvenção. Os resultados reportados apontam que eles possuem probabilidades 5,43% e 13,98% menor de

ocuparem as categorias baixa e média da distribuição, respectivamente. Por outro lado, estão associados a uma probabilidade 19,41% maior de ocuparem a categoria alta, o que significa que é mais provável que eles se encontrem mais distantes dos demais nós da rede e, portanto, possuem uma fraca centralidade de proximidade comparativamente ao grupo de referência.

Em termos das áreas de atuação, podemos destacar que os A-Is das áreas de Ciências Biológicas, Ciências Exatas e da Terra e os que atuam em mais de uma área estão associados a um aumento da probabilidade de pertencerem às categorias mais elevadas da distribuição da centralidade de autovetor. Já os que atuam nas Ciências da Saúde, embora possuam probabilidades estatisticamente semelhantes às do grupo de referência na categoria alta das diferentes medidas de centralidade, são menos prováveis de ocuparem a categoria baixa das centralidades de intermediação (-29,25%) e autovetor (-23,43%) e mais prováveis de ocuparem a categoria média dessas medidas, com probabilidades 13,46% e 11,31% maiores. Podemos destacar ainda que os A-Is que trabalham em mais de uma área são os únicos que tendem a possuir uma forte centralidade de proximidade. Ou seja, possuem probabilidade 5,52% maior de se encontrarem mais próximos e 15,53% menor de se encontrarem mais distantes dos demais nós da rede de coinvenção.

Por fim, não encontramos significância estatística para o gênero, enquanto a senioridade parece estar associada à importância dos pesquisadores quando ela é ponderada pelas centralidades de autovetor e proximidade. O aumento da experiência em pesquisa, entretanto, parece estar negativamente associado à importância que os A-Is possuem na rede de coinvenção. Um ano adicional na senioridade significa uma probabilidade 0,58% maior e 0,39% e 0,19% menor de pertencerem às categorias baixa, média e alta da centralidade de autovetor. Já para a centralidade de proximidade as probabilidades são 0,44% menor, 0,85% menor e 1,29% maior de pertencerem às categorias baixa, média e alta, respectivamente.

Variáveis	Centralidade de intermediação			Centralidade de autovetor			Centralidade de proximidade		
	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
Labs 1	0,1923** (0,0941)	-0,1316* (0,0696)	-0,0607** (0,0260)	0,0012 (0,1473)	-0,0008 (0,0989)	-0,0004 (0,0483)	0,0059 (0,0526)	0,0112 (0,0971)	-0,0171 (0,1497)
Labs 2	0,0711 (0,0973)	-0,0461 (0,0653)	-0,0251 (0,0323)	0,2684** (0,1064)	-0,2037** (0,0879)	-0,0646*** (0,0206)	-0,0543** (0,0229)	-0,1398* (0,0730)	0,1941** (0,0945)
Labs 3	0,0997 (0,0722)	-0,0630 (0,0463)	-0,0367 (0,0265)	-0,0769 (0,0839)	0,0506 (0,0546)	0,0262 (0,0298)	0,0207 (0,0285)	0,0394 (0,0522)	-0,0601 (0,0805)
Labs 4	0,0403 (0,0752)	-0,0254 (0,0480)	-0,0149 (0,0273)	-0,0783 (0,0874)	0,0508 (0,0550)	0,0275 (0,0329)	0,0161 (0,0302)	0,0303 (0,0543)	-0,0465 (0,0844)
Labs 5	0,1326* (0,0710)	-0,0869* (0,0489)	-0,0457** (0,0231)	-0,0813 (0,0928)	0,0518 (0,0558)	0,0295 (0,0373)	-0,0290 (0,0260)	-0,0635 (0,0630)	0,0925 (0,0885)
Agrar.	-0,0136 (0,1144)	0,0084 (0,0702)	0,0052 (0,0442)	-0,1166 (0,1230)	0,07001 (0,0638)	0,0466 (0,0598)	-0,0152 (0,0392)	-0,0324 (0,0901)	0,0477 (0,1292)
Biol.	0,1169 (0,0721)	-0,0764 (0,0493)	-0,0405* (0,0235)	-0,2549*** (0,0697)	0,1331*** (0,0275)	0,1218** (0,0491)	0,0195 (0,0320)	0,0353 (0,0536)	-0,0548 (0,0854)
Exatas	-0,0576 (0,0790)	0,0349 (0,0464)	0,0227 (0,0327)	-0,1718** (0,0757)	0,1002*** (0,0373)	0,0717* (0,0406)	0,0491 (0,0376)	0,0788 (0,0485)	-0,1279 (0,0853)
Saúde	-0,2925** (0,1337)	0,1346*** (0,0351)	0,1579 (0,1040)	-0,2343** (0,1105)	0,1131*** (0,0270)	0,1211 (0,0897)	0,0792 (0,0839)	0,1038 (0,0679)	-0,1830 (0,1506)
Outras	-0,0713 (0,0585)	0,0441 (0,0359)	0,0273 (0,0230)	-0,1890*** (0,0611)	0,1216*** (0,0389)	0,0674*** (0,0249)	0,0552** (0,0244)	0,1001** (0,0404)	-0,1553** (0,0633)
Masculino	-0,0340 (0,0496)	0,0214 (0,0316)	0,0126 (0,0182)	-0,0731 (0,0526)	0,0501 (0,0370)	0,0230 (0,0160)	0,0003 (0,0174)	0,0007 (0,0342)	-0,0010 (0,0516)
Senioridade	-0,0017 (0,0028)	0,0011 (0,0017)	0,0006 (0,0010)	0,0058* (0,0030)	-0,0039** (0,0019)	-0,0019* (0,0010)	-0,0044*** (0,0011)	-0,0085*** (0,0022)	0,0129*** (0,0032)

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

**Tabela 9** – Efeitos marginais das categorias dos índices de centralidade contra os tipos de laboratório, as áreas de atuação dos A-Is, o gênero e a senioridade – rede de coinvenção



Os resultados dos efeitos marginais das regressões em que as variáveis dependentes são as centralidades de intermediação, autovetor e proximidade obtidas na rede de coautoria dos A-Is estão apresentados na Tabela 12. Assim como na rede de coinvenção, verificamos que os A-Is dos laboratórios dos tipos 1, 2 e 5 também apresentam probabilidades estatisticamente diferentes em relação ao grupo de referência em pelo menos uma das medidas de importância adotadas. Os A-Is dos laboratórios do tipo 1 estão associados a uma redução na probabilidade de pertencerem às categorias mais elevadas da distribuição da centralidade de intermediação, que são 25,09% e 5,57% menores nas categorias média e alta, respectivamente. Eles também possuem probabilidades 9,81% menor de pertencerem à categoria alta da distribuição da centralidade de autovetor e 14,04% menor de pertencerem à categoria baixa da distribuição da centralidade de proximidade. Assim, seja qual for a ponderação da importância dos nós utilizada, os A-Is dos laboratórios do tipo 1 são menos prováveis de ocuparem posições centrais na rede de coautoria.

Encontramos evidências que os A-Is dos laboratórios do tipo 2 tendem a ocupar posições menos centrais na rede de coautoria quando a importância é ponderada pelas centralidades de intermediação e autovetor. No primeiro caso, eles estão associados a probabilidade 25,89% maior, 20,83% menor e 5,06% menor de pertencerem às categorias baixa, média e alta. Ao considerar a centralidade de autovetor, eles possuem probabilidades 21,45% maior e 12,38% menor de pertencerem às categorias baixa e alta, respectivamente.

Os A-Is dos laboratórios do tipo 5 também são menos prováveis de ocupar posições importantes em termos da centralidade de intermediação. À medida que a distribuição desse indicador alcança as categorias média e alta, as probabilidades de pertencerem a elas passam a ser 14,21% e 4,10% menores. Por sua vez, eles tendem a possuir uma centralidade de proximidade mais forte comparativamente ao grupo de referência, tal como ocorre entre os A-Is dos laboratórios do tipo 3. Nesses dois tipos de laboratórios, encontramos probabilidades maiores de os pesquisadores participarem da categoria baixa e probabilidades menores de pertencerem às categorias média e alta, indicando que eles possuem caminhos mais curtos para alcançar os outros nós dentro da rede.

No que se refere às áreas de atuação, encontramos que, basicamente, os A-Is da área de Engenharias tendem a ocupar posições menos centrais na rede de coautoria. Particularmente, os pesquisadores de todas as demais áreas ocupam posições mais centrais quando a importância dos nós é ponderada pelas centralidades de intermediação e autovetor. Neste caso, destacam-se os A-Is da área de Ciências da Saúde, com probabilidades 19,22% e 66,36% maiores de pertencerem à categoria alta da distribuição das centralidades de intermediação e autovetor, respectivamente. Quanto à centralidade de proximidade, os A-Is das Ciências Biológicas, Ciências Exatas e da Terra e os que atuam em mais de uma área estão susceptíveis de se encontrarem mais distantes dos demais nós da rede.

Na rede de coautoria, ainda verificamos que a senioridade tem uma relação ainda mais forte com a importância dos atores. Neste caso, encontramos uma associação com significância estatística de 1% sobre todas as medidas de centralidade em praticamente todas as categorias das distribuições. Os resultados também reportaram significância ao nível de 10% para o gênero sobre a centralidade de intermediação, sugerindo que os homens possuem, comparativamente às mulheres, probabilidades 8,99% menor e 2,28% maior de pertencerem às categorias baixa e alta da distribuição desse indicador. Isso pode indicar que pelo menos na rede de coautoria os homens exerceriam maior controle sobre o fluxo de informação e outros recursos.

Variáveis	Centralidade de intermediação			Centralidade de autovetor			Centralidade de proximidade		
	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
Labs 1	0,3066** (0,1233)	-0,2509** (0,1087)	-0,0557*** (0,0171)	0,1536 (0,1395)	-0,0555 (0,0832)	-0,0981* (0,0577)	-0,1404** (0,0602)	0,0252 (0,0437)	0,1152 (0,0998)
Labs 2	0,2589** (0,1032)	-0,2083** (0,0891)	-0,0506*** (0,0164)	0,2145* (0,1161)	-0,0907 (0,0787)	-0,1238*** (0,0402)	-0,0158 (0,0904)	0,0091 (0,0498)	0,0067 (0,0407)
Labs 3	0,1317 (0,0810)	-0,0979 (0,0613)	-0,0339* (0,0205)	0,0373 (0,0541)	-0,0016 (0,0058)	-0,0357 (0,0499)	0,1213* (0,0687)	-0,0771* (0,0469)	-0,0442* (0,0234)

Labs 4	0,1227 (0,0847)	-0,0925 (0,0657)	-0,0303 (0,0197)	0,0328 (0,0574)	-0,0021 (0,0075)	-0,0307 (0,0508)	0,0941 (0,0741)	-0,0615 (0,0525)	-0,0326 (0,0224)
Labs 5	0,1830** (0,0871)	-0,1421** (0,0712)	-0,0410** (0,0172)	0,0507 (0,0656)	-0,0063 (0,0159)	-0,0444 (0,0507)	0,1912** (0,0899)	-0,1394* (0,0742)	-0,0518*** (0,0180)
Agrar.	-0,3448*** (0,0716)	0,1388*** (0,0343)	0,2060** (0,0930)	-0,1716*** (0,0243)	-0,2482*** (0,0943)	0,4198*** (0,1104)	0,0405 (0,0988)	-0,0263 (0,0684)	-0,0142 (0,0305)
Biol.	-0,3635*** (0,0597)	0,1783*** (0,0267)	0,1852*** (0,0576)	-0,2482*** (0,0243)	-0,3465*** (0,0575)	0,5947*** (0,0630)	-0,2114*** (0,0319)	0,0104 (0,0415)	0,2010*** (0,0616)
Exatas	-0,2318*** (0,0739)	0,1426*** (0,0367)	0,0892** (0,0415)	-0,2095*** (0,0243)	-0,2405*** (0,0633)	0,4500*** (0,0750)	-0,1636*** (0,0377)	0,0415* (0,0238)	0,1221** (0,0504)
Saúde	-0,3298*** (0,0893)	0,1376*** (0,0339)	0,1922* (0,1114)	-0,2002*** (0,0207)	-0,4634*** (0,0786)	0,6636*** (0,0824)	-0,1089 (0,0694)	0,0359** (0,0150)	0,0730 (0,0771)
Outras	-0,2638*** (0,0623)	0,1827*** (0,0428)	0,0810*** (0,0240)	-0,2282*** (0,0360)	-0,0361 (0,0277)	0,2643*** (0,0460)	-0,1316*** (0,0441)	0,0726*** (0,0252)	0,0591*** (0,0228)
Masculino	-0,0899* (0,0541)	0,0671 (0,0414)	0,0228* (0,0133)	0,0015 (0,0335)	-8,41e-06 (0,0002)	-0,0015 (0,0334)	0,0170 (0,0392)	-0,0099 (0,0226)	-0,0070 (0,0167)
Senioridade	-0,0232*** (0,0033)	0,0170*** (0,0028)	0,0062*** (0,0011)	-0,0108*** (0,0020)	0,0001 (0,0012)	0,0107*** (0,0020)	-0,0096*** (0,0023)	0,0058*** (0,0017)	0,0039*** (0,0010)

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

**Tabela 10** – Efeitos marginais das categorias dos índices de centralidade contra os tipos de laboratório, as áreas de atuação dos A-Is, o gênero e a senioridade – rede de coautoria

Em suma, as evidências que produzimos apontam para a existência de uma relação entre as características dos laboratórios nos quais os A-Is trabalham e a importância que eles possuem nas redes de coinvenção e coautoria. Os nossos resultados indicam claramente que os laboratórios com escopo especializado em serviços tecnológicos (Labs 1) ou de baixa escala (Labs 2), ou mesmo laboratórios de grande escala e escopo altamente diversificado (Labs 5) parecem não possibilitar que seus pesquisadores possuam um nível de importância comparável aos dos A-Is afiliados a laboratórios de escala média engajados nas atividades ensino e pesquisa (Labs 3) e ensino, pesquisa e desenvolvimento tecnológico (Labs 4), tanto na rede de coinvenção quanto na rede de coautoria.

## 5 Discussão e conclusão

Neste artigo buscamos analisar como a participação em diferentes tipos de laboratórios nos quais A-Is trabalham está associado à importância que eles possuem nas suas redes de coinvenção e coautoria e o papel do laboratório na conexão entre elas. Basicamente, as nossas evidências apontam para uma associação entre o escopo dos laboratórios e o tipo de rede (científica, tecnológica ou ambas) em que os pesquisadores possuem maior probabilidade de ocupar posições proeminentes. Assim, avançamos sobre as conclusões produzidas por Breschi e Catalini (2010) ao argumentar que manter posições centrais em ambas as redes parece guardar uma forte relação com o escopo das atividades realizadas nos locais em que os pesquisadores trabalham. Já a escala dos laboratórios, neste caso representada pelas características da estrutura de pessoal, parece estar diretamente relacionada com a forma com a qual os A-Is estabelecem os vínculos. Ou seja, encontramos distintas associações entre a configuração da escala dos laboratórios e os tipos de centralidade (intermediação, autovetor e proximidade) pelos quais os A-Is destacam-se em termos da importância que possuem nas redes de coinvenção e coautoria. Verificamos que os A-Is que participam dos laboratórios dos tipos 1 (laboratórios orientados para serviços tecnológicos), 2 (laboratórios de baixa escala) e 5 (laboratórios universitários de larga escala e multidisciplinares) são menos susceptíveis de serem considerados importantes atores nas suas redes de coinvenção e coautoria em pelo menos alguma das medidas de centralidade adotadas. Ao estabelecer uma relação entre as características destes laboratórios e como elas poderiam refletir na importância dos A-Is em suas redes de colaboração, constatamos que os laboratórios do tipo 1, por exemplo, tem o seu escopo especializado na prestação de serviços tecnológicos, o que pode explicar porque seus pesquisadores são menos prováveis de ocuparem posições centrais na rede de coautoria. Entretanto, ainda que estes pesquisadores

consigam viabilizar algum nível de produção tecnológica, a estrutura de pessoal dos laboratórios constituída predominantemente por técnicos parece prejudicar a centralidade de intermediação dos pesquisadores.

O escopo pouco orientado para as atividades de tecnologia nos laboratórios do tipo 2 explicaria porque estes pesquisadores tendem a ocupar posições menos centrais na rede de coinvenção. Neste caso, a baixa escala em termos do tamanho da estrutura organizacional desses laboratórios estaria associada com menores indicadores de centralidade de autovetor obtidos pelos A-Is, o que também é observado na rede de coautoria. Ou seja, ao pertencer a um laboratório de escala muito baixa, os pesquisadores não apenas teriam menos vínculos de colaboração, como também isso limitaria conexões com atores mais influentes. Na rede de coautoria, tais características ainda estariam associadas a centralidades de intermediação mais modestas, que seriam reforçadas por uma fraca intensidade na realização da atividade de pesquisa por esses laboratórios.

Já uma escala muito grande como a observada nos laboratórios do tipo 5 parece tornar os caminhos mais curtos para alcançar os outros nós dentro da rede de coautoria. Isso implicaria em menor dependência de atores intermediários, o que segundo Brandes, Borgatti e Freeman (2016) resultaria em menos transmissão de informação e conhecimento e em conexões mais redundantes. Se os caminhos ficam mais curtos para alcançar os outros nós da rede podemos esperar uma limitação do papel de conector com outros nós da rede, o que explicaria o motivo pelo qual os A-Is dos laboratórios do tipo 5 tendem a ocupar posições menos centrais quando a importância é ponderada pela centralidade de intermediação tanto na rede de coinvenção quanto na rede de coautoria. Este efeito também é sentido pelos pesquisadores dos laboratórios do tipo 3 (laboratórios universitários orientados para ensino e pesquisa), que tendem a possuir forte centralidade de proximidade e uma redução da probabilidade de pertencerem à categoria elevada da centralidade de intermediação. Ou seja, uma forte centralidade de proximidade parece ocorrer às custas da centralidade de intermediação.

Embora Dias (2017) tenha encontrado diferenciais de produtividade científica e tecnológica superiores para os laboratórios 3 e 1, respectivamente, isso não representa que os pesquisadores destes laboratórios possuam importância superior em suas redes de coautoria e coinvenção. O que significa que a intensidade da atividade de publicação e patenteamento não interage diretamente com a estrutura social da pesquisa. O tipo de importância na rede de colaboração parece apresentar uma forte relação com as características dos laboratórios nos quais os pesquisadores trabalham. No que se refere à conexão entre as redes de colaboração científica e tecnológica, os nossos resultados mostraram que os A-Is dos laboratórios dos tipos 4 (laboratórios universitários de média escala) e os que participam em mais de um laboratório estão susceptíveis de ocupar posições mais importantes nas redes de coinvenção e coautoria, o que é consistente com os resultados produzidos por De Stefano e Zaccarin (2013). Portanto, estão mais susceptíveis não apenas a exercer maior controle sobre o fluxo de conhecimento científico e tecnológico, como estabelecem mais vínculos e conexões com atores influentes em ambas as redes. Neste sentido, os nossos resultados indicam que o laboratório é um mediador da relação de trade-off versus complementariedade entre C&T e que a conexão dessas duas redes está associada aos laboratórios universitários dedicados ao ensino, à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico. Por fim, verificamos que os A-Is das áreas de Ciências Biológicas e os que atuam em múltiplas áreas, comparativamente aos das outras áreas, são mais susceptíveis de apresentarem uma forte conexão entre as redes de C&T, e que a senioridade está positivamente relacionada com a importância dos pesquisadores na rede de coautoria, mas essa associação é inexistente ou até negativa na rede de coinvenção.

## Referências

ABBASI, A.; HOSSAIN, L. Evolutionary dynamics of scientific collaboration networks: multi-levels and cross-time analysis. **Scientometrics**, v. 89, p. 687-710, 2011.

BRANDES, U.; BORGATTI, S. P.; FREEMAN, L. C. Maintaining the duality of closeness and betweenness centrality. **Social Networks**, v. 44, p. 153-159, 2016.

BRESCHI, S.; CATALINI C. Tracing the links between science and technology: an exploratory analysis of scientists' and inventors' networks. **Research Policy**, v. 39, p. 14-26, 2010.

BRESCHI, S.; LISSONI, F.; MONTOBBIO, F. University patenting and scientific productivity: a quantitative study of Italian academic inventors. **European Management Review**, v. 5, p. 91-109, 2008.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics using Stata**. College Station: Stata Press, 2009. 692 p.

CARAYOL, N.; MATT, M. Does research organization influence academic production? Laboratory level evidence from a large European university. **Research Policy**, v. 33, p. 1081-1102, 2004.

CASSI, L.; PLUNKET, A. Research collaboration in co-inventor networks: combining closure, bridging and proximities. **Regional Studies**, v. 49, p. 936-954, 2015.

CHERVEN, K. **Mastering Gephi network visualization**. Birmingham: Packt Publishing, 2015. 357 p.

CIMENLER, O.; REEVES, K. A.; SKVORETZ, J. A regression analysis of researcher' social network metrics on their citation performance in a college of engineering. **Journal of Informetrics**, v. 8, p. 667-682, 2014.

CRESPI, G.; D'ESTE, P.; FONTANA, R.; GEUNA, A. The impact of academic patenting on university research and its transfer. **Research Policy**, v. 40, p. 55-68, 2011.

DE STEFANO, D. D.; ZACCARIN, S. Modelling multiple interactions in science and technology networks. **Industry and Innovation**, v. 20, p. 221-240, 2013.

DE STEFANO, D.; FUCCELLA, V.; VITALE, M. P.; ZACCARINA, S. The use of different data sources in the analysis of co-authorship networks and scientific performance. **Social Networks**, v. 35, p. 370-381, 2013.

DIAS, A. A. **Produtividade científica e tecnológica nas infraestruturas de pesquisa brasileiras: uma abordagem baseada na interface entre C&T**. 2017. 193 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

FABRIZIO, K. R.; DI MININ, A. Commercializing the laboratory: faculty patenting and the open Science environment. **Research Policy**, v. 37, p. 914-931, 2008.

FERNÁNDEZ, A; FERRÁNDIZ, E; LEÓN, M. D. Proximity dimensions and scientific collaboration among academic institutions in Europe: the closer, the better? **Scientometrics**, v. 106, p. 1073-1092, 2016.

FLEMING, L.; KING, C.; JUDA, A. I. Small worlds and regional innovation. **Organization Science**, v. 18, p. 938-954, 2007.

FONSECA, B. P. F.; FERNANDES, E.; FONSECA, M. V. A. Collaboration in science and technology organizations of the public sector: a network perspective. **Science and Public Policy**, v. 44, p. 37-49, 2017.

GURMU, S.; BLACK, G. C.; STEPHAN, P. E. The knowledge production function for university patenting. **Economic Inquiry**, v. 49, p. 192-213, 2010.

HORTA, H.; LACY, T. A. How does size matter for science? Exploring the effects of research unit size on academics' scientific productivity and information exchange behaviors. **Science and Public Policy**, v. 38, p. 449-60, 2011.

JACKSON, M. O. **Social and economic networks**. New Jersey: Princeton University Press, 2008. 504 p.

LUNDVALL, B.; JOHNSON, B.; ANDERSEN, E. S.; DALUM, B. National systems of production, innovation and competence building. **Research Policy**, v. 31, p. 213-231, 2002.

MERTON, R. K. **Social theory and social structure**. New York: Free Press, 1968. 702 p.

NEWMAN, M. The mathematics of networks. In: BLUME, L. **The new palgrave encyclopedia of economics**. 2. ed. 2008. Disponível em: <<http://www-personal.umich.edu/~mejn/papers/palgrave.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2014.

STEPHAN, P. E. **How economics shapes science**. Cambridge: Harvard University Press, 2012. 367 p.

WANG, G.; GUAN, J. The role of patenting activity for scientific research: a study of academic inventors from China's nanotechnology. **Journal of Informetrics**, v. 4, p. 338-350, 2011.

WANG, G.; GUAN, J. Measuring science-technology interactions using patent citations and author-inventor links: an exploration analysis from Chinese nanotechnology. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 13, p. 6245-6262, 2011.