



Rede de Conhecimento na Área da Medicina: Uma Análise das Interações dos Grupos de Pesquisa Brasileiros

Arthur Kafrouni Tomazi¹;
Ana Lúcia Tatsch²;

Resumo: O estudo tem como objetivo analisar as redes de conhecimento na área das ciências da saúde no Brasil, caracterizando os atores da rede e focando nas interações dos pesquisadores brasileiros do campo da medicina. A abordagem metodológica emprega a Análise de Redes Sociais (ARS) sobre uma amostra de grupos de pesquisa em Medicina dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, a partir de dados do Censo do Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP) do CNPq de 2023. Realiza-se uma análise longitudinal comparativa com dados de 2016 para avaliar a evolução da rede. Os principais resultados indicam uma acentuada contração da rede no período, que não apenas diminuiu em tamanho, mas se reconfigurou, tornando-se mais hierárquica e fragmentada. As interações são predominantemente acadêmicas, com um recuo significativo das colaborações com a indústria e um aumento da relevância de parceiros internacionais. A contribuição do estudo reside em sua análise longitudinal, que evidencia uma deterioração na estrutura colaborativa do sistema de inovação. Os achados fornecem evidências para gestores públicos sobre os impactos negativos da instabilidade no fomento, que enfraquece elos estratégicos e compromete a resiliência da ciência nacional para responder a desafios de saúde pública.

Palavras-chave: redes de conhecimento; geração e difusão de conhecimento; ciências da saúde; área médica brasileira

Código JEL: I10, O30

Área Temática: 4.4 Redes de inovação – alianças de P&D, interações universidade-empresa, outras redes

Knowledge Networks in Medicine: An Analysis of Interactions Among Brazilian Research Groups

Abstract: This study aims to analyze the knowledge networks in the field of health sciences in Brazil, characterizing the network's actors and focusing on the interactions of Brazilian researchers in the field of medicine. The methodological approach employs Social Network Analysis (SNA) on a sample of research groups in Medicine from the states of Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, and Rio Grande

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). E-mail: arthur.k.t@hotmail.com

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). E-mail: analuciatatsch@gmail.com

do Sul, using data from the 2023 Census of the Directory of Research Groups (DGP) by CNPq. A longitudinal comparative analysis is conducted with data from 2016 to assess the network's evolution. The main findings indicate a marked contraction of the network over the period; it not only decreased in size but also reconfigured itself, becoming more hierarchical and fragmented. Interactions are predominantly academic, with a significant decline in collaborations with industry and an increase in the relevance of international partners. The contribution of this study lies in its longitudinal analysis, which highlights a deterioration in the collaborative structure of the innovation system. The findings provide evidence for policymakers regarding the negative impacts of funding instability, which weakens strategic links and compromises the resilience of national science to respond to public health challenges.

Keywords: knowledge networks; generating and diffusing knowledge; health sciences; Brazilian medical area.

1. Introdução

A produção e a difusão do conhecimento, essenciais no desenvolvimento sustentável de um país, alicerçam-se cada vez mais em redes de interações - entre universidades, empresas, centros de pesquisa e agências governamentais. Na área das ciências da saúde, as redes de colaboração são fundamentais, dado sua alta necessidade de cooperação para desenvolvimento de novos tratamentos (Consoli; Mina, 2009). No caso brasileiro, é possível notar tal importância traduzida na internacionalização da produção científica brasileira na área (Nascimento, 2016; McManus et al., 2020).

Nesse contexto, o presente estudo visa responder as seguintes perguntas de pesquisa: quais são os atores que atuam nas redes de geração e difusão de conhecimento na área da medicina no Brasil? onde estes atores estão localizados geograficamente? qual é a natureza das conexões? como as relações evoluíram ao longo do tempo?

Nosso objetivo é, portanto, analisar a rede de geração e difusão de conhecimentos na área da medicina. Para tanto, identificou-se os grupos de pesquisa brasileiros que estabelecem conexões com outros atores, quais são seus parceiros e onde localizam-se. Para a análise, utilizou-se os dados do último Censo do Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), de 2023, e a metodologia de Análise de Redes Sociais (ARS).

Em função de sua recente disponibilização, esses dados foram ainda pouco explorados pela literatura, o que traz um ineditismo ao presente trabalho. Soma-se a isso a oportunidade de realizar uma análise comparativa com o estudo de Tatsch et al. (2022), que elaboram uma pesquisa da mesma natureza com dados do Censo do DGP de 2016. Dessa forma, busca-se identificar a evolução das redes interação e difusão de conhecimento na área das ciências da saúde humana. Essa análise no tempo vai ao encontro da metodologia empregada por outros estudos, como Mina et al. (2007), que justificam o uso de técnicas de análise longitudinal para capturar como o conhecimento médico se acumula e se transforma ao longo do tempo.

A contribuição do estudo reside em sua capacidade de oferecer uma perspectiva longitudinal sobre as redes de conhecimento em saúde no Brasil. No campo empírico, a pesquisa avança ao analisar como uma rede de inovação pode se reconfigurar estruturalmente. Ao comparar os dados de 2023 com os de 2016, o estudo se propõe a ir além de uma análise transversal da rede, buscando entender o processo de sua transformação, seja de crescimento ou de retração. Do ponto de vista metodológico, a contribuição reside na aplicação da metodologia de ARS sobre a mesma base de dados (Censo DGP/CNPq) em dois momentos distintos, permitindo uma comparação, algo pouco frequente em estudos da área, que usualmente se baseiam em cortes transversais únicos. Por fim, em termos práticos, o estudo visa levantar hipóteses sobre como as condições de fomento podem afetar a estrutura e a resiliência da rede de colaboração, de modo a fornecer subsídios aos gestores públicos para a formulações de políticas públicas.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 revisa a literatura do tema, enquanto a seção 3 explica os procedimentos metodológicos empregados. A seção 4 traz a análise dos dados em 3 subdivisões diferentes, utilizando a metodologia explicitada na seção 3. Por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais.

2. Referencial teórico

Com o intuito de embasar teoricamente este estudo, esta seção apresenta uma revisão da literatura. Aborda-se a importância das redes colaborativas para a pesquisa médica e suas especificidades em países em desenvolvimento, bem como a concentração geográfica dessas interações no Brasil.

2.1 Importância das redes colaborativas para a geração e difusão de conhecimento na área médica

Uma rede colaborativa é constituída por diversos atores que são, na sua maioria, autônomos, distribuídos geograficamente e com funções distintas, mas que colaboram entre si para melhor atingir objetivos comuns (Camarinha-Matos; Afsarmanesh, 2005). A pesquisa médica é uma área que se beneficia amplamente das redes colaborativas, dada uma série de características próprias, como alta necessidade

de cooperação para desenvolvimento de novos tratamentos, com interação entre pesquisa médica, desenvolvimento de produtos e treinamento clínico. Além disso, as redes permitem o compartilhamento de conhecimento, recursos e expertise entre diferentes disciplinas e instituições, acelerando o ritmo das descobertas e da inovação, devido à sua complexidade, caráter multidisciplinar e à necessidade desses recursos diversificados (Consoli; Mina, 2009).

Godin e Gingras (2000) argumentam que, mesmo com a diversificação dos *loci* de geração de conhecimento, as universidades continuam sendo o mais importante locus, servindo como um *link* entre os diversos outros setores geradores de conhecimento, como hospitais, órgãos governamentais e a indústria. O trabalho desses autores indica a medicina clínica como campo com maior número de colaborações intersetoriais de universidades. Apoiando esse ponto, Consoli e Mina (2009) destacam que hospitais de pesquisa são elo importantes entre as fases experimentais de pesquisa e a ciência básica, estabelecendo um intenso diálogo entre a pesquisa e a prática.

Ainda sobre a importância dos hospitais, Thune e Mina (2016) destacam três perspectivas distintas sobre o papel dos hospitais na inovação em saúde: como *locus* de operação de profissionais inovadores, como unidade de análise organizacional e como componente-chave e interface de um sistema mais amplo de inovação em saúde. Essas três perspectivas fortalecem a multiplicidade de papéis que hospitais e equipes hospitalares têm no âmbito inovativo, desde a concepção até a implementação de inovações, diferindo quanto aos estágios do processo inovativo analisados e ao grau de interação interna versus colaboração com atores externos no ecossistema de inovação em saúde. Seguindo a perspectiva de *locus* de operação de profissionais inovadores, os processos de inovação em medicina se configuram como recursivos, dada a interação entre invenção, desenvolvimento, disseminação e uso de novos conhecimentos e tecnologias. Além disso, podemos indicar a tendência das inovações médicas surgirem de forma incremental, exigindo adaptações substanciais em cada etapa do seu desenvolvimento, com retorno dos usuários e atenção maior ao desenvolvimento pós-implementação. Conforme Morlacchi e Nelson (2011), os ciclos dos processos inovativos em medicina ocorrem por meio de três caminhos coevolutivos — avanços biomédicos, capacidade tecnológica e aprendizagem clínica — que são hospedados, de forma interconectada, por “ecologias ricas” de universidades, indústrias e hospitais, que colaboram no desenvolvimento e na disseminação de inovações médicas. Nesse cenário, os hospitais assumem um papel estratégico como organizações de intermediação, atuando como pontos de convergência entre diferentes trajetórias do processo inovativo, nós centrais nas redes colaborativas. Mais do que espaços físicos de implementação, os hospitais, especialmente seus núcleos clínicos, constituem ambientes de aprendizagem experimental, onde ideias inovadoras emergem da prática cotidiana e se articulam com outros elos da rede de inovação em saúde. Assim, os hospitais não apenas integram, mas frequentemente centralizam, as dinâmicas interativas entre os diversos atores envolvidos nos processos de geração, desenvolvimento e difusão de inovações.

2.2 Caracterização das interações em redes colaborativas em países em desenvolvimento

A fim de analisar as relações entre os atores em redes colaborativas da área das ciências da saúde nos países em desenvolvimento, com maior enfoque no Brasil, é necessário realizar uma caracterização geral das interações em redes de conhecimento. Nesse sentido, Tatsch *et al.* (2022) estabelecem três principais tipos de interações promotoras de atividades inovadoras na área da saúde: as entre universidades e/ou centros de pesquisa, que são mais recorrentes nos estágios iniciais de pesquisa; as entre universidades e indústria, que requer um nível tecnológico avançado de indústria para possibilitar o desenvolvimento de produtos para o setor médico, portanto ocorrem em estágios mais maduros de pesquisa; e as entre hospitais e universidades ou hospitais e indústria, que também são mais recorrentes nos estágios iniciais de estudos, mas também são importantes na etapa testes clínicos em humanos.

É importante pontuar as dificuldades em fomentar certos tipos de interações ou até mesmo de incentivar a pesquisa médica em países em desenvolvimento. Segundo Sutz (2015), países da América Latina sofrem de um baixo nível de investimento em pesquisa e desenvolvimento, insuficiente para prover resultados e tratamentos demandados pela sociedade. Além disso, o direcionamento da pesquisa muitas vezes se volta para objetivos de curto prazo, com aplicações práticas, sem se dedicar a pesquisas geradoras de novos conhecimentos e que possibilitariam mais facilmente o desenvolvimento de novas

tecnologias para as gerações futuras. Analisando as interações intersetoriais, Suzigan e Albuquerque (2011) argumentam que o nível de articulação entre empresas e universidades é baixo no Brasil, localizado em poucas instituições e setores, dado razões históricas e geralmente relacionados aos clássicos setores de sucesso no Brasil, com agricultura e aeronáutica.

Explorando a caracterização das relações universidade-indústria (U-I) no Brasil, é perceptível uma dificuldade do conhecimento gerado no meio acadêmico “transbordar” para a indústria, gerar produtos comerciáveis que atendam a demanda interna e externa. Esse fato evidencia a dificuldade na consolidação das relações universidade-indústria (U-I). Conforme Fischer, Schaeffer e Vonortas (2019) apontam, as doze universidades brasileiras mais proeminentes, embora tenham ampliado suas colaborações com a indústria ao longo do tempo, não demonstraram uma inserção no mercado que as diferencia significativamente da média das demais instituições de ensino superior no Brasil. Isso se aplica tanto às interações gerais quanto aos projetos focados em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Os autores ainda afirmam que as interações U-I são fortemente orientadas para os atores do mercado interno, com poucas interações com multinacionais ou entidades estrangeiras, evidenciando a dificuldade da academia brasileira na participação dos fluxos internacionais do conhecimento e nas cadeias de valor internacionais. O texto também evidencia os esforços governamentais para o fomento da colaboração entre academia e indústria, na forma de políticas públicas aprovadas que criaram incentivos fiscais, estruturas de apoio e flexibilizaram transferências tecnológicas, favorecendo parcerias, embora o impacto ainda seja limitado. Dessa forma, as relações U-I no Brasil podem ser caracterizadas em um cenário de interações modestas, descentralizadas e predominantemente internas, exigindo esforços para maior integração internacional e fortalecimento da governança de tecnologia nas universidades (Tatsch *et al.*, 2022).

Quanto às interações universidade-indústria (U-I) na área biofarmacêutica no Brasil, Alves *et al.* (2019) indicam que as áreas de conhecimento com o maior número de colaborações são farmácia, medicina, bioquímica e microbiologia. Essas quatro áreas juntas representam 65% de todas as interações nesse campo. Isso sugere que o desenvolvimento biofarmacêutico no Brasil se concentra em um conjunto relativamente limitado de campos científicos, o que, por um lado, pode facilitar a coordenação entre os parceiros, mas, por outro, pode restringir a interdisciplinaridade e a diversidade de abordagens na pesquisa e inovação. Em comparação com as interações com farmacêuticas internacionais, o número de empresas farmacêuticas brasileiras envolvidas em relacionamentos U-I as supera tanto em quantidade como em frequência, o que indica que as empresas multinacionais, mesmo quando presentes no Brasil, se envolvem menos frequentemente em colaborações com instituições de ciência e tecnologia brasileira (Alves *et al.*, 2019). Esse fato corrobora com a tese que as empresas multinacionais tendem a manter a maior parte de seus esforços em pesquisa e desenvolvimento nas suas sedes no exterior, pouco contribuindo com o desenvolvimento das redes inovativas nos países em que suas filiais estão inseridas.

Considerando a relação entre empresas multinacionais e a indústria farmacêutica nacional, Paranhos, Mercadante e Hasenclever (2020) indicam que, historicamente, a segunda é dominada pela presença da primeira, provenientes de países desenvolvidos, o que inibe o crescimento da indústria brasileira. Isso se dá pelo fato das multinacionais estarem presentes em todas as etapas do processo inovativo, como na própria geração de inovação, produção e comercialização, enquanto as empresas nacionais tendem a se especializar somente na área da produção e comercialização, obtendo inovações sem participar ativamente do processo inovativo, mas sim por meio do compartilhamento de tecnologia entre multinacionais e empresas nacionais. Também em estudo apresentado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2017) argumenta-se que as firmas farmacêuticas nacionais não estão presentes em todos os estágios de pesquisa, especialmente os iniciais, por vezes recorrendo às firmas estrangeiras para isso.

Retomando Alves *et al.* (2019), um perfil geral diferenciando as empresas privadas das públicas é traçado, indicando que as pesquisas aplicadas (com foco em resultados de curto prazo) estiveram mais associadas a laboratórios nacionais, enquanto as pesquisas básicas (orientadas ao conhecimento de longo prazo) foram mais intensas entre multinacionais e laboratórios públicos. Também é importante destacar a existência de instituições-ponte - como os laboratórios públicos Fiocruz e Butantan - que ocupam posições centrais nas redes de conhecimento, facilitando o fluxo de informação e conexões entre universidades e indústria. Instituições com posicionamento central nas redes como as instituições-

ponte, tendem a dispor de maior capacidade interna de inovação, habilidades especializadas e competências para a geração de conhecimento, sendo fundamentais para a integração do sistema de inovação biofarmacêutico (Alves *et al.*, 2019; Tatsch *et al.*, 2022).

2.3 Concentração geográfica das interações de pesquisa

Ao dirigir a atenção para a distribuição geográfica dos grupos de pesquisa, parceiros e as interações entre estes atores, uma grande concentração destes é perceptível no eixo Sul-Sudeste, especialmente nos estados Minas Gerais (MG), São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ) e Rio Grande do Sul (RS). Essa concentração pode ser observada em estudos como de Tomassini *et al.* (2021), no qual os autores destacam que, tanto em termos de volume de projetos quanto de articulação em redes e produção de artigos, há um forte viés de concentração regional no Sudeste (com destaque a São Paulo) e no Sul do Brasil. Isso pode ser observado pelo fato que no período de 2000 a 2015, as seis instituições com maior centralidade são USP (SP), Fiocruz (instituição pública vinculado ao Ministério da Saúde no âmbito federal), UFRGS (RS), UNIFESP (SP), UFMG (MG) e UFRJ (RJ), o que as classificam como as instituições com a maior capacidade de direcionar colaborações e disseminar conhecimento em saúde no Brasil, ressaltando a importância da região sul-sudeste. Apoiando essa análise, Andrade *et al.* (2004) identifica que 64 % dos 48 grupos de pesquisa atuantes em economia da saúde avaliados concentram-se no Sudeste e 15 % no Sul do país, mas pontua que que essa realidade reflete a distribuição nacional dos grupos de pesquisa de todas as áreas, não sendo exclusiva da área das ciências da saúde. Outro estudo que contribui com a hipótese da concentração dos grupos no eixo sul-sudeste é Britto *et al.* (2012), que afirma que, em 2010, cinco Estados concentravam mais de dois terços dos grupos de pesquisa nas áreas de saúde, sendo estes SP (28,8%), RJ (12,3%), RS (10,1%), MG (9,4%) e Paraná (7,6%).

Além da concentração em quantidade de grupos de pesquisa, as regiões Sudeste e Sul concentram instituições de referência global em pesquisa da saúde, que servem como um “*hub*” que atrai pesquisadores. Corroborando, Nascimento (2016) afirma que o Brasil possui instituições que são *benchmarks* internacionais, isto é, referências globais que lideram ou influenciam padrões e metodologias usados por outras instituições no mundo, atraem colaborações e parcerias internacionais e são reconhecidas por sua excelência em pesquisa. Essas instituições são a Fiocruz, principal referência mundial nas áreas de medicina tropical e de parasitologia, e a USP, referência mundial na área de odontologia, cirurgia e saúde oral. Ambas têm contribuído para o aumento de indicadores de impacto, como número de citações por artigo publicado e inserção em redes globais (medida em quantidade de artigos em coautoria com pesquisadores sediados em outros países). Considerando estas 3 áreas em que instituições brasileiras são *benchmarks*, as cinco instituições que mais publicaram entre 2009 e 2013 localizam-se na região Sudeste e respondem por mais de 60% da produção nacional, considerando quantidade de artigos publicados na área, o que evidencia a concentração da produção acadêmica e visibilidade dessa produção no eixo sul-sudeste (Nascimento, 2016).

No entanto, é importante notar que há uma tendência para o crescimento das interações entre instituições de diferentes países. Esse movimento, já existente, se intensificou durante a pandemia da Covid-19, que exigiu um grau de cooperação entre diferentes países a fim de, o quanto antes possível, encontrar soluções para este problema de saúde global que a pandemia representou. Duan e Xia (2021) abordam essa temática, indicando que o grau de cooperação entre países cresceu consideravelmente durante a pandemia. Com base na análise bibliométrica de publicações científicas, o estudo revelou um crescimento significativo na colaboração internacional sobre a COVID-19 durante os primeiros meses da pandemia, identificando uma nítida estrutura hierárquica de núcleo-periferia na rede global de pesquisa. Para chegar a essas conclusões, os pesquisadores construíram uma rede de colaboração científica a partir das coautorias em artigos, da qual extraíram indicadores-chave. O crescimento da cooperação foi quantificado pelo aumento do “grau médio”, que representa o número médio de países parceiros por nação. Este indicador cresceu mais de duas vezes no período analisado, demonstrando a rápida intensificação das parcerias internacionais. A análise da arquitetura da rede também identificou uma clara estrutura hierárquica, com um pequeno grupo de países formando um “núcleo” central de colaborações e uma “periferia” crescente de outras nações participantes. Nesse contexto, o Brasil destacou-se por ampliar sua participação, com um aumento expressivo no número de publicações e

parcerias internacionais entre abril e junho de 2020.

Estas constatações acerca da concentração acadêmica, tanto quantitativa como qualitativa, no eixo sul-sudeste justifica a escolha do presente estudo em analisar as relações somente das unidades federativas SP, RJ, MG e RS, dado que estas têm o maior número de interações e interações de maior relevância no âmbito nacional e internacional, como explorado nessa seção.

3. Procedimentos metodológicos

O presente estudo utiliza a metodologia de Análise de Redes Sociais (ARS), definida por Wasserman e Faust (1994) como o conjunto de técnicas para mapear e medir relações e estruturas entre atores em uma rede, considerando nós (atores) e laços (relações). Essa escolha insere o trabalho em uma abordagem quantitativa, uma vez que se utiliza de indicadores numéricos – como densidade, centralidade de grau e modularidade – para descrever objetivamente padrões de colaboração e identificar comunidades. A natureza quantitativa da ARS justifica-se pela necessidade de mensuração rigorosa das propriedades da rede, permitindo comparações entre diferentes conjuntos de atores e a detecção estatisticamente sustentada de estruturas internas (Scott, 2017).

Como inspiração, utilizou-se o estudo de Tatsch *et al.* (2022) que analisa, empregando ARS, a rede de interações dos grupos de pesquisa em medicina de quatro estados (MG, SP, RJ, RS) considerando o Censo do DGP de 2016. Seguindo os passos metodológicos daquele trabalho, analisa-se a rede a partir das informações do Censo do DGP de 2023. Assim, foi possível comparar as características da rede de interações entre os grupos de pesquisa de medicina e seus parceiros apresentadas em 2016 com aquelas identificadas em 2023.

O Censo do DGP de 2023 consolida informações obtidas por meio do Formulário Grupo disponibilizado na Plataforma Lattes do CNPq, instrumento online que sistematiza informações cadastrais dos grupos de pesquisa no Brasil. A coleta de dados feita pelo censo se dá a partir da “fotografia” da Base Corrente do DGP, cujas informações são continuamente atualizadas por líderes e membros de grupo, processo que integra submissão de dados acadêmicos, perfil dos participantes e produção em CT&I via currículos Lattes e cadastro institucional. Parte dos dados utilizados no presente trabalho foram acessados no portal da internet do DGP, e parte foi fornecida via tabulação especial³. Segundo Tatsch *et al.* (2022), apesar de ser uma base de preenchimento voluntário, é possível assumir uma representatividade relativa da comunidade científica nacional, dado que a quantidade total de grupos respondentes tem aumentado nos últimos anos.

Entretanto, a base de dados tem questões que ocasionam dificuldades na análise. Conforme indicado pela própria plataforma, os dados são auto relatados pelos líderes dos grupos de pesquisa (CNPq, 2025), o que resulta em um registro não padronizado. Uma análise exploratória da base fornecida via tabulação especial revelou diversas inconsistências. Entre elas, destacam-se nomes de organizações parceiras que se repetem para se referir a instituições distintas e a ausência de identificadores únicos, como o CNPJ, para todos os parceiros, o que dificulta a sua correta identificação. Tais problemas ensejaram um exaustivo trabalho de revisão e padronização das informações.

As variáveis analisadas neste artigo são os grupos de pesquisa, as organizações com quem estabelecem parcerias (chamadas de parceiros ou organizações parceiras) e as interações entre esses atores. A interação entre essas variáveis se configura como uma rede de informação ou rede colaborativa.

Tendo isso em vista, a população deste estudo é composta por todas as interações entre grupos de pesquisa da grande área das Ciências da Saúde e seus parceiros. A partir dessa população, realizou-se um recorte amostral em duas etapas para refinar o escopo da análise.

Inicialmente, a amostra foi delimitada geograficamente aos grupos de pesquisa sediados nos estados de SP, RJ, MG e RS. A escolha destes estados se justifica pela alta concentração de produção acadêmica, como explicitado em seções anteriores, e por representarem 46,23% dos grupos de pesquisa em Ciências da Saúde da base de dados.

A segunda etapa do recorte amostral restringiu a análise aos grupos da área de Medicina, dentro

³ Os dados da tabulação especial foram cedidos pela Profa. Dra. Márcia Rapini (Cedeplar / UFMG).

da grande área das Ciências da Saúde. Essa seleção foi motivada pelo fato de a Medicina ser a área com o maior número de grupos de pesquisa em três dos quatro estados selecionados, correspondendo a 25,73% do número de grupos de todas as áreas nos 4 estados analisados. As demais áreas das Ciências da Saúde, presentes na população, mas não incluídas na amostra final, são: educação física, enfermagem, farmácia, fisioterapia, fonoaudiologia, nutrição, odontologia e saúde coletiva.

A Tabela 1 apresenta a quantificação dos elementos da rede, detalhando a população total e a amostra final. Para fins comparativos, a tabela também inclui um subconjunto de todos os grupos de Medicina do território nacional, que se diferencia da amostra pelo seu escopo geográfico mais amplo. Na tabela, os "grupos interativos" são definidos como aqueles que possuem ao menos uma interação com parceiros. A delimitação dos parceiros e interações pertencentes à amostra seguiu um critério relacional. Foram incluídos exclusivamente os parceiros e as interações que possuem ao menos um vínculo direto com um dos grupos de pesquisa de Medicina que compõem o núcleo amostral.

Tabela 1 - Quantidade de elementos da rede por subconjunto da base de dados e porcentagem da população ou dos grupos de pesquisa de medicina brasileiros

Elementos da rede	População (Grupos Ciências da Saúde no Brasil)	Grupos de medicina no BR		Amostra (Grupos de Medicina em SP, RJ, MG, RS)	
	Número	Número	% População	Número	% dos Grupos de medicina do Brasil
Grupos de pesquisa	6.314	1375	21,78%	752	54,69%
Grupos de pesquisa interativos	2.562	580	22,64%	310	53,45%
Interações	6.695	1.431	21,37%	808	56,46%
Organizações Parceiras	1.669	580	34,75%	360	62,07%

Fonte: elaborada a partir dos dados obtidos no Censo 2023 do DGP/CNPq (CNPq, 2024) e por tabulação especial

A amostra final, que constitui o foco central desta análise, reúne 808 interações, envolvendo 752 grupos de pesquisa e 360 parceiros.

Enquanto procedimento metodológico, a partir dos dados coletados, se fez necessário codificar e classificar os grupos de pesquisa e parceiros. No caso dos grupos de pesquisa, empregou-se um esquema de codificação que inicia pela sigla da instituição que sedia o grupo, seguida da subárea das Ciências da Saúde (separadas por um ponto), acrescida em sequência de um número que reflete a ordem de criação e, por fim, da indicação da unidade federativa. A codificação dos parceiros foi realizada por meio da atribuição manual de siglas padronizadas para cada organização, seguida da indicação de sua localização (a UF correspondente ou “F” para exterior) e a classificação quanto ao tipo de organização, de modo a garantir identificação única e sem ambiguidades. A classificação por tipo de organização segue as seguintes categorias: Associação (A) (que inclui associações representativas, sindicatos e outras entidades), Firma manufatureira em saúde (HMF), Firma de serviços de saúde (HSF), Hospital (H), Firma manufatureira não relacionados à saúde (MF), Instituição pública (PI) (tais como secretarias de governos municipais, institutos de pesquisa e agências reguladoras), Firma de serviços não relacionados à saúde (SF) e Universidade (U). A codificação realizada permitiu a organização dos dados de forma a evitar repetições indevidas e outras inconsistências supracitadas, pois garantiu uma identificação única para cada entidade, superando as ambiguidades geradas pelos registros não padronizados

A metodologia adotada para a construção da rede de interações, usando o método de ARS, a considera como bidirecional, ou seja, não direcionada. Justifica-se essa escolha pelo princípio de que a troca de conhecimento gera benefícios mútuos entre parceiros e grupos de pesquisa, havendo um consentimento implícito nessa conexão. Dessa forma, as interações são interpretadas como ocorrendo em ambas as direções, o que fundamenta a modelagem da rede como bidirecional. No entanto, com o conjunto de dados disponíveis, algumas dificuldades são encontradas no uso da metodologia ARS. Quando o conjunto de dados disponibiliza apenas as conexões entre grupos e seus parceiros, sem registrar também as conexões que esses parceiros mantêm entre si ou com outras organizações, é configurado apenas um grafo bipartido parcial, o que impede a caracterização plena da rede relacional. Sem as ligações parceiro-parceiro, a visão de como se formam comunidades autônomas de parceiros é perdida e medidas cruciais de centralidade, coesão e intermediação são subestimadas, de modo que,

embora a ARS ainda forneça insights sobre a articulação de grupos, não dispomos de uma rede unipartida completa nem de um mapeamento relacional integral.

Para o tratamento de dados foram utilizados os softwares Excel e Python, enquanto para a análise de redes sociais foram utilizados os softwares Gephi e Ucinet. Para a construção das figuras, como mapa e redes, foram utilizados os softwares QGIS, Python e Gephi.

4. Análise dos dados

4.1 Perfil e distribuição dos atores e interações da rede

A Tabela 2 traz um comparativo entre grupos totais e interativos na área da medicina em cada estado examinado, além do número de interações estabelecidas com parceiros:

Tabela 2 - Grupos de pesquisa de medicina totais e interativos por estado examinado, número de interações, e média de interações por grupo interativo

Unidade Federativa	Grupos totais	Grupos interativos	% de grupos interativos	Número de interações	Média de interações por grupo interativo
São Paulo	314	143	45,54%	398	2,78
Rio Grande do Sul	156	65	41,67%	148	2,28
Minas Gerais	153	55	35,95%	134	2,44
Rio de Janeiro	129	47	36,43%	128	2,72
Total	752	310	41,22%	808	2,61

Fonte: elaborada a partir dos dados obtidos no Censo 2023 do DGP/CNPq (CNPq, 2024) e por tabulação especial

São Paulo lidera todas as estatísticas absolutas e percentuais, tendo a maior média de interações por grupo de pesquisa interativo. Esta métrica é calculada pela divisão do número de interações pelo total de grupos interativos, e ajuda a indicar o grau de concentração de interações. O RJ se destaca nessa métrica, quase alcançando SP, e tendo números absolutos inferiores aos outros estados nas demais categorias. Sua relevância pode ser relacionada à Fiocruz. O RS se coloca em segundo lugar, atrás de SP, em número de grupos totais e interativos e nas interações de grupos, além da proporção de grupos interativos em relação aos totais. Interessante notar que nenhum dos estados possui mais de 50% do total de grupos realizando interações.

Os grupos de pesquisa da área médica dos quatro estados selecionados interagem com 360 parceiros, localizados geograficamente no Brasil e no exterior. Ao todo, somam 241 parceiros nacionais. As organizações parceiras também se concentram nos quatro estados analisados, compreendendo 51,94% dos parceiros. O estado de SP sozinho concentra 22,50% das organizações parceiras, seguido por MG (11,94%), RJ (8,61%) e RS (8,89%). Os demais estados do Brasil juntos contêm apenas 15% dos parceiros. Isso pode ser um indicativo de um alto grau de colaboração intraestadual.

No âmbito internacional, são 119 parceiros, cerca de 33% do total de organizações, como indicado na Tabela 3; o que sugere um considerável grau de internacionalização dos parceiros, especialmente nas relações U-U, dado que 49% das universidades parceiras são estrangeiras.

Além da localização geográfica, a Tabela 3 também elenca os tipos de organizações parceiras. As universidades são as principais parceiras, representando 55,56% de todas as organizações. Essas são seguidas pelas instituições públicas, hospitais e associações, que juntas totalizam 36,95% dos parceiros. O conjunto de firmas manufatureiras e de serviços vinculados ao setor da saúde e firmas manufatureira e de serviços de outros setores representa apenas 7,49% dos parceiros. Esse dado vai ao encontro do trabalho de Suzigan e Albuquerque (2011), que argumentam que o nível de articulação entre empresas e universidades é baixo no Brasil. As poucas organizações do setor produtivo se concentram majoritariamente em SP, que possui 51,85% destas, enquanto 25,93% se encontra em MG e, tanto o RS, como RJ e os outros estados agregados concentram 7,41% cada. Nenhuma das organizações parceiras estrangeiras são firmas, o que reforça as constatações de Fischer, Schaeffer e Vonortas (2019), que afirmam que as interações U-I são fortemente orientadas para os agentes do mercado interno, com poucas interações com multinacionais ou entidades estrangeiras.

Tabela 3 – Número de organizações parceiras por tipo e localização geográfica

Tipo de organização / UF	MG	RJ	RS	SP	Outros estados	Exterior	Total	% Total
Firma manufatureira em saúde	1	2	0	10	1	0	14	3,89%
Firma de serviços de saúde	5	0	1	3	0	0	9	2,50%
Firma manufatureira	1	0	0	1	0	0	2	0,56%
Firma de serviços	0	0	1	0	1	0	2	0,56%
Associação	1	5	2	13	2	3	26	7,22%
Hospital	10	8	5	19	4	5	51	14,17%
Instituição pública	7	9	6	9	12	13	56	15,56%
Universidade	18	8	16	26	34	98	200	55,56%
Total	43	32	31	81	54	119	360	100,00%

Fonte: elaborada a partir dos dados obtidos no Censo 2023 do DGP/CNPq (CNPq, 2024) e por tabulação especial

A Tabela 4 informa sobre o número de interações entre atores da rede, considerando a localização e tipo dos parceiros.

Tabela 4 – Número de interações por tipo e localização geográfica da organização parceira

Tipo de organização / UF	MG	RJ	RS	SP	Outros estados	Exterior	Total
Firma manufatureira em saúde	1	2	0	10	1	0	14
Firma de serviços de saúde	6	0	1	3	0	0	10
Firma manufatureira	1	0	0	1	0	0	2
Firma de serviços	0	0	1	0	1	0	2
Associação	1	7	2	16	2	4	32
Hospital	15	13	20	38	4	7	97
Instituição pública	15	19	7	17	16	15	89
Universidade	57	47	61	193	76	128	562
Total	96	88	92	278	100	154	808

Fonte: elaborada a partir dos dados obtidos no Censo 2023 do DGP/CNPq (CNPq, 2024) e por tabulação especial

A Tabela 4 revela que 69,55% das interações são entre grupos de pesquisa e universidades, mais do que dois terços do total de interações. As interações com as demais categorias de organizações parceiras apresentaram uma redução percentual em relação à sua representação na Tabela 3. Isso é reflexo direto do aumento no número de interações com universidades, que “tomam” o espaço dos outros tipos de organização. Essas constatações vão ao encontro de Godin e Gingras (2000), que argumentam que, mesmo com a diversificação dos *loci* de geração de conhecimento, as universidades continuam sendo o mais importante *locus*, servindo como um link entre os diversos outros setores, como hospitais, órgãos governamentais e a indústria.

Apenas 3,47% das interações são colaborações entre os grupos de pesquisa e firmas, o que revela não apenas que esse tipo de parceiro é em menor número, mas também apresenta proporcionalmente menos interações com os grupos de pesquisa, quando comparados a outros tipos de organizações parceiras. Em relação aos parceiros internacionais, apesar de representarem mais de um terço dos parceiros (33,06%), as organizações estrangeiras correspondem a menos de um quinto das interações (19,06%). Isso indica que os grupos de pesquisa brasileiros interagem menos frequentemente ou de forma menos intensa com parceiros internacionais do que com os nacionais.

A Tabela 5 analisa as interações dos grupos de pesquisa considerando suas UFs onde tais grupos estão sediados e a localização dos parceiros com que eles se relacionam. É possível constatar que, com exceção do RJ, todos os estados possuem uma taxa de interação intraestadual maior que 50%, indicando que mais da metade de suas interações são realizadas entre parceiros e grupos do mesmo estado, o que denota um forte viés intraestadual. No que tange à taxa de interação internacional, o RS destaca-se como

o estado com o maior percentual, seguido por SP e RJ.

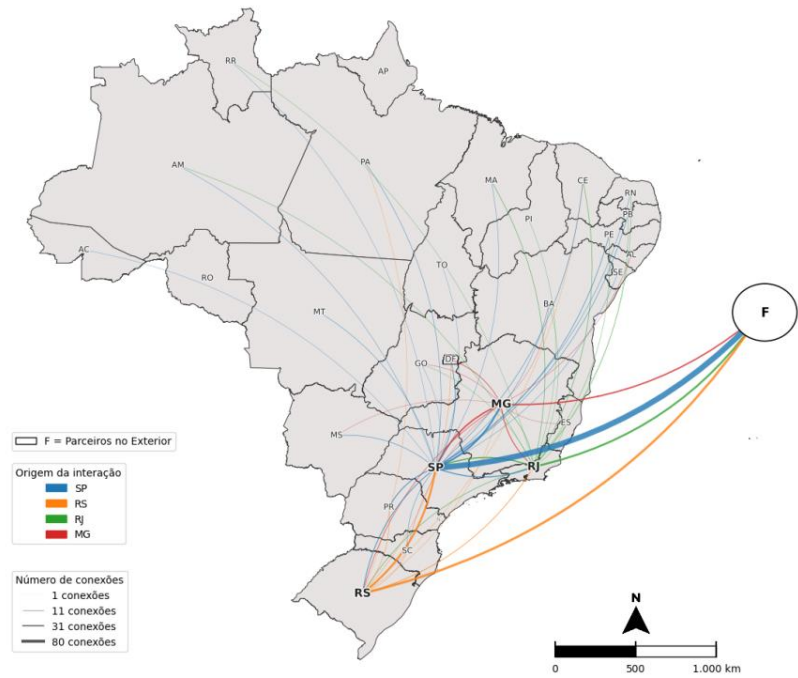
Tabela 5 – Número de interações considerando localização dos grupos e das organizações parceiras e taxa de interação intraestadual, interestadual e internacional, por UF dos grupos de pesquisa

UF dos Grupos	Interações entre grupos e parceiros do mesmo estado	Interações entre grupos e parceiros nacionais de estados distintos	Interações entre grupos e parceiros do exterior	Taxa de interação intraestadual	Taxa de interação interestadual	Taxa de interação internacional
SP	221	97	80	55,53%	24,37%	20,10%
RJ	61	42	25	47,66%	32,81%	19,53%
MG	70	46	18	52,24%	34,33%	13,43%
RS	75	42	31	50,68%	28,38%	20,95%
Total	427	227	154	52,85%	28,09%	19,06%

Fonte: elaborada a partir dos dados obtidos no Censo 2023 do DGP/CNPq (CNPq, 2024) e por tabulação especial

A Figura 1 apresenta visualmente o fluxo de interações entre estados e para com o exterior, sem apresentar as relações intraestaduais. O fluxo das interações com parceiros internacionais está representado pelo círculo branco com a letra “F”.

Figura 1 – Fluxo de interações interestaduais e internacionais



Fonte: elaborada a partir dos dados obtidos no Censo 2023 do DGP/CNPq (CNPq, 2024) e por tabulação especial

Para as interações entre atores da rede serem melhor entendidas, uma classificação das interações utilizando a tipologia de Schaeffer *et al.* (2017) foi empregada, relacionando a natureza da relação entre grupos e parceiros relatada pelos próprios grupos em 6 diferentes categorias. O Quadro 1, adaptado de Tatsch *et al.* (2021), reúne os 14 diferentes tipos de relações relatadas pelos grupos de pesquisa em 6 categorias distintas.

Usando as classificações do Quadro 1, a Tabela 6 mostra a quantidade de ocorrências de cada tipo de relação, tal qual a sua porcentagem em relação ao total. É importante pontuar que cada grupo de pesquisa pode relatar até 3 tipos de relações diferentes de uma vez, o que faz com que, ao contabilizarmos os tipos de relação, estes ultrapassem o número total de interações.

Quadro 1 – Tipos de interações relatadas no Censo 2023 do DGP/CNPq classificadas de acordo com a tipologia de Schaeffer *et al.* (2017)

Categorias	Tipos de interações DGP/CNPq
Orientado ao treinamento (TR)	Treinamento de pessoal do grupo pelo parceiro, incluindo cursos e treinamento "em serviço" Treinamento de pessoal do parceiro pelo grupo, incluindo cursos e treinamento "em serviço"
Orientado à difusão (DI)	Desenvolvimento de software não-rotineiro para o grupo pelo parceiro Desenvolvimento de software para o parceiro pelo grupo Transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo para o parceiro Transferência de tecnologia desenvolvida pelo parceiro para o grupo
Orientado ao desenvolvimento (DE)	Atividades de engenharia não-rotineira inclusive o desenvolvimento de protótipo, cabeça de série ou planta-piloto para o parceiro Atividades de engenharia não-rotineira inclusive o desenvolvimento/fabricação de equipamentos para o grupo Pesquisa científica com considerações de uso imediato dos resultados
Orientado à pesquisa (RE)	Pesquisa científica sem considerações de uso imediato dos resultados
Orientado ao serviço (SE)	Fornecimento, pelo grupo, de insumos materiais para as atividades do parceiro sem vinculação a um projeto específico de interesse mútuo Fornecimento, pelo parceiro, de insumos materiais para as atividades de pesquisa do grupo sem vinculação a um projeto específico de interesse mútuo Atividades de consultoria técnica não englobadas em qualquer das categorias anteriores
Outros (O)	Outros tipos predominantes de relacionamento que não se enquadrem em nenhum dos anteriores.

Fonte: adaptado de Schaeffer *et al.* (2017) e Tatsch *et al.* (2022).

Tabela 6 – Número e proporção de ocorrências por categoria de relação

	Número de ocorrências	% de ocorrências
Orientado à pesquisa	1.119	50,66%
Orientado ao desenvolvimento	539	24,40%
Orientado ao serviço	197	8,92%
Outros	169	7,65%
Orientado ao treinamento	124	5,61%
Orientado à difusão	61	2,76%

Fonte: elaborada a partir dos dados obtidos no Censo 2023 do DGP/CNPq (CNPq, 2024) e por tabulação especial

O tipo de relação predominante é a orientada à pesquisa, compondo 50,66% das ocorrências, o que faz sentido dado que os parceiros mais numerosos e com maior número de relações são as universidades. Segundo Tatsch *et al.*, (2022), as interações entre universidades ou centros de pesquisa ocorrem principalmente nos estágios iniciais da investigação, o que corresponde às “interações orientadas à pesquisa” descritas no Quadro 1. Já as parcerias entre universidades e o setor produtivo demandam um nível tecnológico mais avançado para o desenvolvimento de produtos no setor médico; essas podem ser classificadas como “interações orientadas ao desenvolvimento” ou “ao serviço” e explicam seu menor número em comparação às relações de pesquisa.

4.2 Análise quantitativa da rede

A fim de construir um modelo representativo da rede de produção e difusão de conhecimentos da área da medicina, que contém as interações entre os grupos de pesquisa e organizações parceiras, foi utilizado a metodologia de ARS. O método ARS auxilia na compreensão da dinâmica da rede por meio de diversas medidas, que permitem identificar as características estruturais da rede e a posição dos atores dentro dela. Quando os termos “nós” e “arestas” são citados, eles significam, respectivamente, os atores que compõem a rede e as conexões entre pares de nós, que representam as relações (interações)

existentes. A Figura 2 traz uma visão da rede completa, sendo composta por 670 nós (grupos e parceiros) e 781 arestas.

Embora o total de interações sejam 808, existem apenas 781 arestas, dado o fato de algumas relações se repetirem, o que apenas altera o peso da aresta, ao invés de considerar uma nova. Essas repetições das relações podem indicar as interações que os grupos de pesquisa têm com diferentes setores da mesma organização parceira. Por exemplo, uma relação que se repete 4 vezes é entre a UFMG e o grupo de pesquisa “Grupo de Investigação de Uveítes/Doenças Inflamatórias Oculares”, que faz parte da própria UFMG. Este grupo tem diferentes relações com 4 setores distintos da UFMG, os Departamentos de Bioquímica e Imunologia, de Física, de Parasitologia e de Produtos Farmacêuticos. As relações estabelecidas, apesar de envolverem a mesma organização parceira, possuem naturezas distintas, abrangendo orientação para pesquisa, desenvolvimento, treinamento e outras. Essa variedade de características justifica a distinção em quatro interações, em vez de uma única.

A Figura 2 apresenta os nós com tamanhos e rótulos proporcionais ao seu grau, que é definido pela quantidade de arestas conectadas a ele. Dessa forma, os atores com maior número de conexões são representados por nós de maior tamanho. O rótulo dos nós segue a codificação explicada na seção de metodologia. A coloração dos nós se relaciona às métricas de modularidade, que serão apresentadas mais a frente nesta seção. A legenda da figura indica as cores das principais comunidades da rede.

A Tabela 7 apresenta os principais indicadores calculados para análise da rede. O primeiro indicador é a densidade da rede, que mede o grau de conexão entre os atores da rede. A densidade é calculada pela razão entre o número de conexões existentes na rede e o número teórico de conexões possíveis. A densidade da rede analisada é de 0,003, o que significa que apenas 0,3% das possíveis conexões são realizadas, o que é considerado um valor baixo. Redes com baixa densidade, como a analisada, apresentam interações dispersas, enquanto redes densas apresentam muitas conexões entre os atores.

Figura 2 – Rede de interações

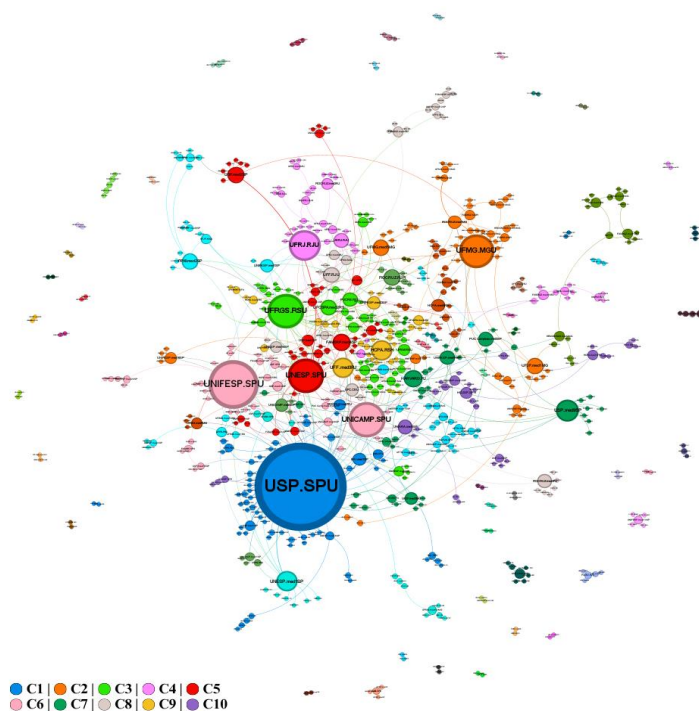


Tabela 7 – Indicadores da rede

Medidas	Valores	Desvio Padrão
Densidade	0,003	-
Grau médio	2,331	3,461
Peso das arestas (média)	1,035	0,215
Centralidade de intermediação (média)	907,328	2.941,773
Centralidade do autovetor (média)	0,034	0,065
Centralidade da proximidade (média)	0,335	0,291
Número de 2-cliques	539	-
Número de 3-cliques	0	-
Modularidade	0,743	-

Fonte: elaborada a partir dos dados obtidos no Censo 2023 do DGP/CNPq (CNPq, 2024) e por tabulação especial

Dadas as conexões dispersas, a rede apresenta um grau médio de 2,331, o que significa que, em média, cada agente da rede se conecta diretamente com 2 ou 3 parceiros. O alto desvio padrão do indicador, de 3,461, indica alta variabilidade do grau, e que alguns atores possuem muitas conexões, enquanto a maioria tem poucas. Um indicativo disso é que 384 atores (57,3% do total) possuem grau 1, ao passo que os 10 atores de maior grau exibem um grau médio de 23,2, aproximadamente dez vezes

superior ao grau médio da rede.

Enquanto os nós podem ser classificados quanto ao seu grau, cada aresta possui um peso próprio. Este indicador representa a quantidade de vezes que a relação entre os mesmos atores é repetida na rede. O peso médio das arestas na rede analisada é de 1,035, o que indica que poucas relações se repetem. O pequeno desvio padrão corrobora com essa análise. 97,1% das arestas têm o peso 1.

Outro indicador importante para a compreensão da estrutura da rede é a centralidade de intermediação, que mede quantas vezes um determinado ator aparece nas rotas mais curtas que conectam outros pares de nós da rede. Ou seja, ele identifica os atores que atuam como pontes estratégicas na circulação da informação. Um valor alto de centralidade de intermediação indica que o ator exerce influência sobre os fluxos da rede, pois conecta diferentes partes que, sem ele, estariam mais distantes. Na rede analisada, o valor médio de centralidade de intermediação é de 907,33, no entanto, o desvio padrão extremamente elevado (2.941,77) revela que apenas um número muito pequeno de atores ocupa essas posições-chave, enquanto a maioria tem centralidade próxima de zero. Essa concentração em poucos nós sugere uma estrutura assimétrica, em que a maior parte das interações ocorre sem a necessidade de intermediários. Esse diagnóstico é reforçado pela baixa densidade da rede, o que indica uma conectividade reduzida e uma menor complexidade de intermediação: os caminhos entre atores são, em sua maioria, diretos ou locais, com número diminuto de “elos” que articulem diferentes regiões da rede.

Para aprofundar a análise da intermediação, foram investigados os cliques, que são subgrupos onde os atores se conectam de forma mais intensa e próxima entre si do que com outros membros. A forma mais básica de clique é a díade (um par de atores), e foram identificadas 539 destas, o que corresponde a 67% de todas as conexões estabelecidas na rede. Não foram encontrados cliques de três ou mais membros, o que revela que existem muitas conexões diretas, mas essas não se organizam em subgrupos maiores e mais complexos, isto é, não se utilizam de intermediadores.

Outra importante medida de centralidade é a de autovetor, que tem a finalidade de medir a influência de cada ator. Diferentemente do grau, esta métrica avalia a influência de um nó com base na importância dos vizinhos aos quais ele se conecta. Um ator com alto valor está, portanto, bem conectado a outros atores também influentes. A média de 0,034 encontrada sugere que, em média, cada nó tem um peso de “influência” bastante reduzido, com a maior parte dos nós sendo relativamente periféricos. O alto desvio padrão (0,065) indica alta heterogeneidade. Ou seja, poucos nós concentram quase toda a importância, enquanto o restante está num patamar muito baixo.

Por fim, o último indicador de centralidade é o de proximidade. Esta métrica avalia o quão “perto” um vértice está de todos os demais em sua componente conectada — ou seja, do conjunto de nós que podem ser alcançados por ele por meio de um ou mais caminhos (conexões diretas ou indiretas) — sendo definida como o inverso da distância média (número mínimo de conexões) necessária para atingi-los. Nós com alta centralidade de proximidade conseguem alcançar rapidamente qualquer outro nó de sua componente conectada, sendo considerados posições estratégicas para a difusão do conhecimento. Uma média de 0,335 indica que a soma das distâncias mínimas de um vértice a todos os demais situa-se em torno de três saltos. Isso não quer dizer que cada destino fique a três saltos de distância, mas sim que, ao agregar todos os caminhos mínimos para alcançar cada um dos outros nós, o total acumulado de saltos é, em média, três. Observa-se um desvio-padrão de 0,291 para esse indicador, o que representa uma variação considerável em relação à média. Isso indica uma distribuição desigual entre os nós: enquanto alguns ocupam posições altamente centrais, sendo capazes de alcançar a maioria dos nós em apenas 1 ou 2 saltos; outros encontram-se em posições periféricas, podendo exigir 5, 6 ou mais conexões para atingir determinadas regiões da rede. Essa disparidade evidencia a existência de estruturas assimétricas na rede, com pontos de concentração e áreas de isolamento relativo. No entanto, se comparado às outras métricas de centralidade, não há tanta variabilidade no desvio padrão da centralidade de proximidade. Isso sugere que, embora haja fortes desigualdades na intermediação e na influência (centralidade de autovetor), a maioria dos nós mantém uma capacidade relativamente uniforme de alcançar o restante da rede em poucos saltos. Em outras palavras, mesmo quem está mais na periferia não fica tão isolado do núcleo, o que pode facilitar a difusão de informações ou a formação de oportunidades de contato em toda a rede.

A estrutura da rede também foi analisada sob a ótica da modularidade, uma métrica que avalia

seu grau de segmentação em comunidades ou subgrupos. Conforme Fazlali, Moradi e Malazi (2017), a modularidade é amplamente aceita como uma medida de qualidade das comunidades detectadas e pode ser avaliada por diferentes métodos, tal como por meio de métricas quantitativas. Neste estudo, utilizou-se o método proposto por Blondel *et al.* (2008), conhecido como algoritmo de Louvain. Segundo esses autores, a modularidade varia de -1 a 1 e expressa a força da divisão da rede ao comparar a proporção de laços internos de uma comunidade com seus laços externos. Valores próximos de 1 indicam uma rede bem particionada, com mais conexões internas do que entre comunidades. A aplicação do algoritmo de Louvain revelou alta modularidade na rede em estudo (0,743), confirmando uma excelente qualidade de partição e uma estrutura de comunidades bem definida, totalizando 73 grupos distintos.

Como dito, as comunidades estão demarcadas por cores na Figura 2. As 10 principais comunidades (nomeadas de C1 a C10) contêm 60,3% de todos os nós da rede, e a densidade da rede com apenas estas comunidades é de 0,006, ou seja, 0,6% das possíveis conexões são realizadas. Tal densidade é o dobro daquela da rede completa, indicando uma maior coesão interna entre os nós nas suas comunidades, o que justifica a separação destas pelo método da modularidade.

A participação na rede das principais comunidades varia de quase um décimo da rede (mais precisamente de 8,36%) até 4,48%, com média de 6,03%. Isso evidencia que não existe um grupo que concentre a maioria dos nós; a rede está fragmentada em diversos subgrupos. A proximidade entre os percentuais de participação das principais comunidades indica que a rede possui vários agrupamentos médios que se diferenciam, mas sem nenhuma disparidade excessiva em termos de quantidade de nós.

O grau médio é calculado levando em conta apenas as interações internas à cada comunidade, sem considerar as interações com outras. Tendo isso em mente, o grau médio das principais comunidades não apresenta grande variação entre elas, tendo uma média de 2,065, um valor menor que a média global da rede, 2,331. A pequena diferença entre o grau global e o interno demonstra que, embora a vasta maioria das conexões de um nó seja com outros nós da mesma comunidade, existem arestas inter-comunitárias que mantêm conexões externas às suas comunidades. Essas arestas conectam os agrupamentos que, conforme a análise de densidade demonstrou, são internamente coesos. A existência dessas conexões, em conjunto com a ausência de uma comunidade dominante, resulta em uma topologia policêntrica, na qual subgrupos densos estão integrados em uma rede única, em vez de formarem componentes isolados.

Dentre os atores centrais das comunidades, apenas dois deles não são universidades, a Fiocruz e o Hospital de Clínicas de Porto Alegre, um hospital público e universitário, vinculado à UFRGS. Os principais parceiros também são, na sua maioria, universidades, com a aparição ocasional de Hospitais. Apenas a comunidade C7 possui predominância de firmas manufatureiras do setor da saúde. A predominância de universidades, tanto no âmbito dos grupos de pesquisa como dos parceiros, corrobora com a tese já explorada na seção anterior de predominância das relações U-U e das dificuldades das relações U-I.

Analisando as principais comunidades, vale destacar a Universidade de São Paulo, ator central da comunidade C1, aquela com maior participação na rede. A USP, enquanto organização parceira, tem 58 arestas conectadas a ela por toda a rede. Se forem consideradas apenas as interações na C1, são 28 as arestas conectadas a ela, o que representa 48,3% do total. Isso demonstra a função da USP como articuladora externa e interna, dado o número semelhante de conexões com nós de sua comunidade e nós externos a ela. Ademais, a USP é o único agente da rede com centralidade de autovetor igual a 1, o que a posiciona como o nó mais influente e estrategicamente localizado no sistema analisado. Os indicadores relacionados à USP apoiam Nascimento (2016), que qualifica a universidade como uma instituição de *benchmark* internacional, dada sua importância e relevância nacional e internacional.

4.3 Comparação entre as redes de 2016 e 2023

Nesta seção, é feita uma comparação entre os resultados encontrados em Tatsch *et al.* (2022) e o presente artigo. Os dados de Tatsch *et al.* (2022) são provenientes do Censo DGP 2016, enquanto os do presente artigo são do Censo DGP 2023. Considerando tais informações foi realizada uma comparação entre os principais indicadores das respectivas redes. Essa análise longitudinal, de 7 anos, foi possibilitada pelo uso da mesma metodologia, instrumentos de análise e base de dados entre os dois

artigos. A Tabela 9 apresenta os resultados para ambos os períodos – 2016 e 2023 –, bem como a variação percentual de um ano para outro.

Tabela 9 - Análise comparativa dos indicadores da rede de pesquisa em medicina entre 2016 e 2023

Elementos da rede	2016	2023	Variação (%)
Grupos de pesquisa em medicina nos estados selecionados	1.071	752	-29,79%
Grupos de pesquisa em medicina interativos nos estados selecionados	392	310	-20,92%
Interações	988	808	-18,22%
Organizações Parceiras	394	360	-8,63%
Nós	786	670	-14,76%
Arestas	936	781	-16,56%

Fonte: elaborada a partir dos dados do Censo 2023 do DGP/CNPq (CNPq, 2024), por tabulação especial, e Tatsch *et al.* (2022)

As informações dessa Tabela 9 indicam que o quantitativo do total de grupos de pesquisa em medicina, dos grupos interativos, dos parceiros, bem como de outros elementos que caracterizam as redes, diminuíram de 2016 para 2023. Tal queda foi significativa. O número total de grupos de pesquisa têm a maior variação, com uma diminuição de quase 1 terço. Quanto aos grupos interativos, houve uma redução de um pouco mais que um quinto. As interações, nós e arestas tiveram uma redução similar, entre 14% e 20%. As organizações parceiras foram o elemento com menor variação, com uma redução de 8,6%. Esses resultados indicam que a rede diminuiu de forma significativa entre os anos analisados, especialmente quanto ao número de grupos de pesquisa. Diversos motivos podem ter ocasionado essa queda, tal qual a pandemia Covid-19 ou cortes de verbas públicas destinadas à pesquisa e desenvolvimento.

A pandemia de Covid-19 pode ter causado, por exemplo, a migração de grupos de pesquisa em medicina ou estabelecimento de novos grupos para diferentes áreas das Ciências da Saúde, como saúde coletiva, área central para o entendimento de epidemias, estratégias de prevenção, vigilância epidemiológica, políticas de saúde, gestão de serviços de saúde e avaliação do impacto da doença na população.

Observou-se ainda que, no conjunto de dados de 2016, de acordo com Tatsch *et al.* (2022), a subárea de conhecimento da medicina era a principal em termos de volume de grupos nos 4 estados analisados. Já em 2023, o estado do RJ tem como principal subárea a saúde coletiva, enquanto os demais estados permanecem com predominância em medicina. Além disso, em 2016, os grupos de medicina representavam mais de 30% do total de grupos na área das Ciências da Saúde, ao passo que em 2023 representam apenas 21,8%, o que significa uma redução de quase 10%. Dado que a amostra do presente artigo se dá pelos grupos de pesquisa da subárea da medicina, uma redução nestes ocasiona uma redução na rede inteira. De acordo com o Painel DGP (CNPQ, 2024), se observa que, ao considerarmos os grupos de pesquisa (tanto aqueles interativos quanto não interativos) de todo o Brasil, as subáreas da saúde coletiva, nutrição, fisioterapia e terapia ocupacional, enfermagem e educação física tiveram um aumento no número de grupos de pesquisa associados entre 2016 e 2023, enquanto as subáreas de medicina, farmácia, fonoaudiologia e odontologia tiveram uma redução no período analisado.

Ainda de acordo com CNPQ (2024), os grupos de pesquisa na subárea da medicina em todos estados brasileiros passaram de 1.619 em 2016 para 1.375 em 2023, uma queda percentual de 15,1%, enquanto os grupos de pesquisa da área das Ciências da Saúde como um todo tiveram um aumento de 5.877 para 6.314. No entanto, ao segregar os grupos de pesquisa das Ciências da Saúde em regiões, o Sul e Sudeste tiveram reduções percentuais na quantidade de grupos de 2,5% e 10,2%, respectivamente, enquanto as demais regiões do Brasil tiveram aumentos. O maior aumento se deu na região Nordeste, que teve um aumento percentual de quase 50% no número de grupos de pesquisa, superando a região Sul em quantidade de grupos (1.750 vs. 1.232), mas ainda abaixo da região Sudeste (2.527 grupos). Esses dados indicam uma alteração geográfica no perfil dos atores da rede da Ciências da Saúde

brasileira entre os anos analisados.⁴

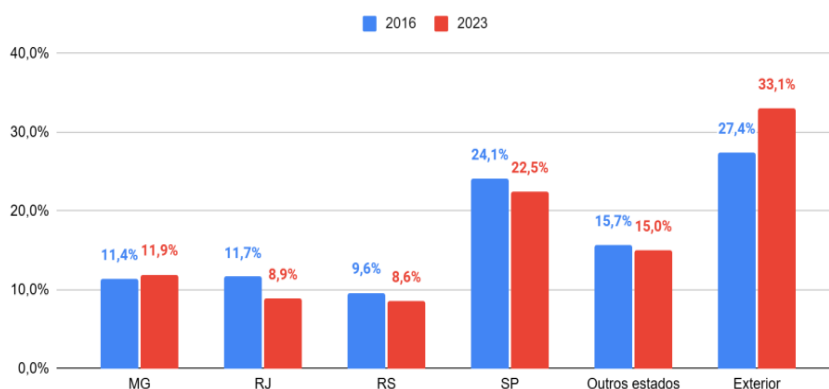
Com relação à hipótese de que a redução de investimentos públicos em CT&I tenha impactado no número de pesquisas no país, pode-se buscar informações que sustentem tal consideração. De acordo com Silva e Zelesco (2022), com base em dados do Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (Siop), as agências que financiam diretamente bolsas e projetos de pesquisa sofreram cortes severos a partir de 2015. O orçamento liquidado do CNPq passou de R\$ 2,5 bilhões em 2014 para R\$ 839 milhões em 2021, uma redução de 66,44%. Já a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) teve seu orçamento reduzido de R\$ 10,3 bilhões em 2015 para R\$ 3 bilhões em 2021, uma redução de 70,87%. Esses dados indicam que, em período próximo ao analisado, houve um exacerbado corte de verbas que, aliado a crises econômicas, como aquela consequente da pandemia Covid-19, criou um cenário de "asfixia financeira" para a ciência brasileira. Essa falta de recursos impacta diretamente na capacidade de financiar bolsas, adquirir equipamentos, manter laboratórios e, consequentemente, sustentar os grupos de pesquisa existentes e criar novos. Isso pode auxiliar a explicar a tendência de redução do número de grupos de pesquisa e interações na área da medicina no período analisado, também afetando outros campos do saber.

Dado a clara diminuição dos elementos da rede ao longo do tempo, a fim de serem observadas mudanças no perfil dos atores, analisou-se a sua representação percentual na rede.

Observa-se, em termos de participação relativa, que os estados do RS e de MG ampliaram sua fatia entre os quatro examinados, ao passo que SP e RJ sofreram retrações. No caso do RS, a proporção de grupos interativos passou de 18,6% em 2016 para 21,0% em 2023. Mesmo com esse aumento, o estado de SP continua com a maior representação percentual. Importa notar que, em números absolutos, MG foi a única unidade federativa a manter o mesmo número de grupos interativos (55 em ambos os anos), ao passo que todas as demais tiveram redução no total de grupos. Tratando agora do número absoluto de interações, as unidades federativas de MG e RS são as únicas que tiveram crescimento do número de interações, passando de 131 e de 128 para 148 e 134, respectivamente. As demais unidades federativas tiveram diminuição no número absoluto de interações. Vale destacar que a maior variação negativa, tanto no número absoluto quanto na participação relativa, de grupos interativos e interações, foi no estado do RJ.

Levando em conta o perfil das organizações parceiras, é possível traçar as diferenças na sua distribuição geográfica e de tipologia. O Gráfico 1 traz um comparativo entre o número de parceiros localizado em cada UF em relação ao somatório dos 4 estados e do exterior, entre os dados de 2016 e 2023. Este gráfico traz os dados referentes ao ano de 2016, retirados de Tatsch *et al.* (2022), em azul, enquanto os dados de 2023, em vermelho. Analisando o gráfico, apenas as organizações parceiras sediadas em MG e no exterior tiveram aumento na sua representação.

Gráfico 1 – Número das organizações parceiras por localização em relação ao total de parceiros, entre 2016 e 2023



Fonte: elaborado a partir do Censo 2023 do DGP/CNPq (CNPq, 2024) e Tatsch *et al.* (2022)

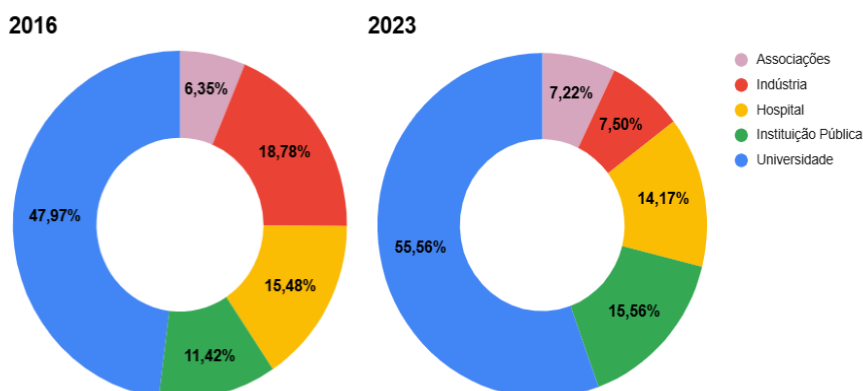
Este aumento na representação de parceiros internacionais vai ao encontro dos achados de Duan

⁴O Painel DGP(CNPQ, 2024) não disponibiliza dados sobre grupos de pesquisa interativos, apenas do total de grupos de pesquisa. Por isso, não é possível aprofundar a análise da mudança geográfica dos grupos com interações.

e Xia (2021), que destacaram o Brasil como um dos países que ampliaram de forma considerável suas colaborações e parcerias internacionais durante a pandemia Covid-19, tendência que pode ter se mantido após o término desta. O número de parceiros do exterior alcançou um terço de todos os parceiros em 2023, enquanto em 2016 estava mais próximo da representação dos parceiros sediados em SP (24,1%), embora maior. Com o aumento da representação de MG e a diminuição da representação do RJ, MG ultrapassou o RJ e se tornou a terceira localização com maior número de parceiros sediados (não considerando o agregado dos outros estados não analisados).

Ainda analisando as organizações parceiras, o Gráfico 2 mostra a evolução da representação dos parceiros quanto sua tipologia.

Gráfico 2 - Organizações parceiras por tipo entre 2016 e 2023



Fonte: elaborado a partir do Censo 2023 do DGP/CNPq (CNPq, 2024) e Tatsch *et al.* (2022)

O Gráfico 2 considerou os seguintes tipos de organização parceira como “indústria” (atividades produtivas) em 2023: firma manufatureira, firma de serviços, firma manufatureira em saúde e firma de serviços de saúde. Os dados presentes em Tatsch et al (2022) não trazem essa desagregação para os tipos de firma, contendo apenas a categoria “Firm” (firma), que representa todas as empresas privadas de todos os setores da indústria de transformação e de serviços. É possível constatar uma grande diminuição na representação das empresas privadas entre 2016 e 2023, passando de 18,8% para 7,5%, mais de 10 pontos percentuais de diferença. Isso demonstra que a rede em 2023 regrediu em termos de relações universidade-empresa. A primazia das relações U-U permanece entre os anos de 2016 e 2023. Inclusive houve um aumento de representação das universidades entre 2016 e 2023, passando de 48,0% para 55,6%. Também houve uma diminuição dos hospitais parceiros no conjunto dos estados. Em contrapartida, as associações e instituições públicas tiveram sua participação aumentada.

Além do perfil e localização dos agentes da rede, foi realizada a comparação dos principais indicadores de rede. A Tabela 10 organiza os resultados dos principais indicadores de rede em cada um dos períodos.

A primeira medida analisada, a densidade, permaneceu a mesma nos períodos comparados, mesmo com a diminuição no número de nós e arestas. Esse fato indica que, proporcionalmente, o nível de coesão não mudou na rede. Os atores continuaram ligados de forma tão “espalhada” em 2023 quanto eram em 2016. A sutil diminuição de 2,14% no grau médio da rede indica que, em média, os nós em 2023 realizam um pouco menos conexões do que realizavam em 2016, o que faz sentido considerando a diminuição do número de grupos de pesquisa e organizações parceiras na rede. Essa variação pequena corrobora a estabilidade da densidade.

Dentre todos os indicadores analisados, a média de centralidade de intermediação foi a métrica com maior disparidade entre os dois períodos. Retomando a função dessa métrica, a centralidade de intermediação de um nó mede quantas vezes ele aparece no caminho mais curto entre pares de outros nós. Uma média alta indica que há bastantes atores “ponte” que transitam fluxos de informação. Logo, essa queda de 13,4% indica que os nós exercem menos papel de intermediários ou “ponte” no grafo de 2023 se comparado com 2016. A diminuição deste indicador poderia sugerir uma fragmentação na rede, com comunidades mais isoladas pelo menor número de nós intermediadores, mas a manutenção da densidade da rede entre os 2 períodos faz com que essa possibilidade seja improvável. Essa diminuição

da centralidade de intermediação também pode ser um sintoma da diminuição do número de hospitais como organizações parceiras na rede, tanto em números absolutos como em proporção do total de parceiros. Isso porque, segundo Morlacchi e Nelson (2011), os hospitais assumem um papel estratégico como organizações de intermediação, sendo nós centrais nas redes colaborativas. Um número menor de hospitais reflete numa diminuição na presença de um tipo de organização que usualmente se configura como um intermediador.

Tabela 10 - Diferença entre os principais indicadores quantitativos de rede entre 2016 e 2023

Medidas	2016	2023	Variação
Densidade	0,003	0,003	0,00%
Grau médio	2,382	2,331	-2,14%
Centralidade de intermediação (média)	1.047,553	907,328	-13,39%
Centralidade do autovetor (média)	0,032	0,034	6,25%
Modularidade	0,731	0,743	1,64%

Fonte: elaborada a partir do Censo 2023 do DGP/CNPq (CNPq, 2024) e Tatsch *et al.* (2022)

Outra métrica relacionada a indicadores de centralidade é a centralidade de autovetor, que obteve um aumento de 6,25% entre 2016 e 2023. Essa métrica, como citado anteriormente, atribui maior pontuação a nós que estão conectados a outros nós bem conectados. Logo, esse aumento indica que, apesar da rede ter encolhido, os nós que restaram tendem a estar mais ligados entre si ou a nós de alto grau. A influência da rede está menos dispersa, está concentrada em um conjunto de atores de alto impacto que colaboram entre si. A diminuição no número de atores na rede pode ter eliminado uma série de nós de baixo grau, ou periféricos, fazendo com que a média de influência dos nós restantes aumente.

Por fim, a modularidade, que avalia o quão bem a rede pode ser dividida em comunidades, teve um leve aumento de 1,6%. Isso indica que, em 2023, a rede está ligeiramente mais segmentada em grupos internos, com mais colaborações dentro das comunidades do que entre elas.

Comparando as principais comunidades encontradas no presente estudo com as encontradas em Tatsch *et al.* (2022), é perceptível algumas importantes mudanças nos principais atores. A USP continua como o ator central da mais importante comunidade da rede, mas a segunda mais importante comunidade apresenta diferenças entre os dois estudos. Enquanto em Tatsch *et al.* (2022) a segunda mais importante comunidade tem como ator central a organização parceira Fiocruz, no presente estudo o ator central desta comunidade (C2) é a UFMG. Entender o porquê dessa diferença é essencial, dada a importância da Fiocruz, uma instituição de pesquisa e desenvolvimento em ciências biológicas, considerada uma das principais instituições mundiais em pesquisa em saúde pública.

Essa mudança entre os principais atores entre os dois estudos pode ser atribuída a alteração na metodologia de codificação das instituições parceiras entre os dois estudos ter ocorrido. Em Tatsch *et al.* (2022), os parceiros possuem uma codificação que indica a sua localização: ou no Brasil ou no Exterior. A Fiocruz portanto tem sua localização no Brasil. No entanto, o presente estudo especifica, na codificação, a unidade federativa do parceiro, quando este se localiza no Brasil. Isso faz com que a codificação da Fiocruz a divida em diferentes UFs, quando analisamos laboratórios desta instituição que tem como base diferentes estados brasileiros. Na base de dados de 2023, a Fiocruz tem laboratórios em 3 UFs diferentes: RJ, MG, e BA, totalizando 15 conexões. A separação de 9 conexões para cada um desses estados, faz com que a instituição tenha uma importância menor para a rede se comparado a uma unificada de todos os estados. Mesmo assim, é inegável que a Fiocruz perdeu parte de sua centralidade na rede entre 2016 e 2023, dado que seu número de interações em 2016 era de 29, enquanto a soma das conexões de todas as organizações parceiras relacionadas a Fiocruz em 2023 é apenas 15, uma considerável diminuição.

5 Considerações finais

Dentre as contribuições do presente estudo à literatura sobre sistemas de inovação e redes de conhecimento no setor da saúde no Brasil, pode-se ressaltar o mapeamento dos principais atores que

conformam a rede de interações entre grupos de pesquisa de medicina e seus parceiros, assim como sua localização, e a natureza dessas colaborações. Além do exame dessa rede num momento em particular, a presente pesquisa realiza uma comparação entre dois períodos distintos (2016 e 2023) utilizando a mesma base de dados (Censo DGP/CNPq) e a mesma metodologia de ARS. Outra contribuição do presente estudo está em trazer subsídios aos gestores públicos para a formulação de políticas públicas. Isso porque fornece argumentos para a defesa de um financiamento estável e de longo prazo para o setor de pesquisa médica, e para a criação de programas governamentais de fomento a "atores-ponte" e conexões universidade-empresa.

Em síntese, verificou-se que a rede de interações gerada a partir do Censo do DGP 2023 caracteriza-se por uma estrutura esparsa e de baixa coesão geral, com um padrão de conectividade altamente heterogêneo. A influência e o fluxo de informação são concentrados em um número restrito de atores centrais, que assumem papéis proeminentes de intermediação, enquanto a vasta maioria dos membros permanece em posições periféricas com poucas conexões. Apesar de sua fragmentação e da centralização, a rede exhibe uma segmentação em múltiplas comunidades distintas, indicando que as interações, embora globalmente dispersas, são mais frequentes dentro desses aglomerados do que entre eles. O perfil dessas comunidades é marcadamente acadêmico, com universidades figurando como os atores centrais e principais parceiras na maioria dos casos, o que evidencia a predominância de relações universidade-universidade e a escassez de interações robustas com o setor empresarial. Adicionalmente, as colaborações exibem um forte viés geográfico: as interações tendem a se concentrar dentro do mesmo estado ou, como alternativa, direcionam-se para parceiros internacionais, em detrimento de uma articulação mais ampla entre diferentes estados brasileiros, sugerindo uma fragmentação no sistema nacional de inovação.

Tal configuração impõe dificuldades aos processos de geração e difusão de conhecimentos na área da medicina, bem como nos avanços de práticas médicas e na capacidade de inovação da indústria da saúde no país. A estrutura esparsa e a alta modularidade limitam os *spillovers* (transbordamento) de conhecimento entre diferentes especialidades médicas e segmentos industriais, podendo retardar o avanço em áreas dependentes de compartilhamento de conhecimentos. Essa limitação é ainda mais crítica por se manifestar justamente em um setor que, por definição, necessita de alta cooperação para o desenvolvimento de novos tratamentos, exigindo a interação entre pesquisa médica, desenvolvimento de produtos e treinamento clínico (Consoli; Mina, 2009). A centralidade de poucos atores, enquanto a maioria permanece periférica, indica a possibilidade de relações de dependência e desigualdade entre os atores. Os atores periféricos ficam à margem dos fluxos de conhecimento de ponta, o que pode levar a uma defasagem na adoção de novas práticas.

Ao comparar a rede em um período prévio e outro posterior a cortes de verbas e a uma pandemia de impacto global significativo, é possível observar e mensurar indícios de como ela foi afetada. Os achados sugerem que o encolhimento da rede, em resposta a choques externos, pode levar não apenas a uma redução em seu tamanho, mas também a uma reconfiguração estrutural que a torna mais hierárquica e fragmentada.

Apesar da redução expressiva no número de atores e interações entre os períodos, essa diminuição não alterou a coesão geral da rede, que manteve seu padrão de interações esparsas. A transformação mais substancial ocorreu na sua topologia interna, que se tornou mais hierárquica e fragmentada. A influência se concentrou ainda mais em um núcleo de atores, enquanto o papel de intermediários que conectam diferentes comunidades enfraqueceu. Observou-se também uma reconfiguração no perfil das parcerias: a rede voltou-se para dentro do ambiente acadêmico, com um recuo acentuado nas colaborações com a indústria, ao mesmo tempo em que se expandiu para fora do país, aumentando proporcionalmente a relevância dos parceiros internacionais. Essas mudanças no perfil da rede, principalmente no que tange à contração, podem estar associadas à drástica redução no orçamento de agências públicas de fomento à pesquisa e aos impactos da pandemia da Covid-19. A partir da incorporação de novos dados na análise, tais hipóteses podem ser exploradas em trabalhos futuros.

As limitações do presente artigo se concentram tanto na estrutura dos dados quanto no escopo da análise. A base de dados configura uma rede bipartida parcial, pois registra apenas as conexões entre grupos de pesquisa e seus parceiros, sem mapear as interações entre os próprios parceiros. Esse aspecto

impede uma caracterização plena da rede e subestima métricas de centralidade e coesão. Adicionalmente, a natureza autodeclarada dos dados introduz inconsistências, o que dificulta a identificação e caracterização dos atores da rede. Por fim, o foco na área da Medicina e em quatro estados restringe a generalização dos achados para outros campos das ciências da saúde e para o sistema de inovação da saúde brasileiro em sua totalidade.

A fim de suprir essas limitações, pesquisas adicionais são recomendadas. Realizar análises utilizando todas as subáreas das ciências da saúde e grupos de pesquisa de todos estados brasileiros auxiliaria na generalização dos resultados para o sistema de inovação da saúde no Brasil. Por exemplo, a região do Nordeste supera a Região Sul em números absolutos de grupos de pesquisa interativos, indicando que a inclusão dessa região em futuras análises pode ser proveitosa. Além disso, a inclusão de informações contidas na base de dados, como quantificação e titulação dos membros de cada grupo de pesquisa ou tipo de recursos financeiros presentes na interação entre grupo e organização parceira, na análise poderia trazer luz a tendências ainda não exploradas. Uma pesquisa mais aprofundada sobre as causas da contração da rede entre 2016 e 2023 também é recomendada, a fim de distinguir com maior precisão o impacto de diferentes fatores na reconfiguração da rede, como cortes orçamentários diretos e crises sanitárias, dentre outros. Por fim, outra abordagem possível de pesquisa se baseia em cruzar os dados da rede com indicadores de resultado, como publicações de alto impacto, patentes ou desenvolvimento de novos produtos, para verificar se posições mais centrais ou parcerias específicas geram mais *outputs*.

Referências bibliográficas

- ALVES, N.; SZAPIRO, M.; VARGAS, M.; BRITTO, J. Innovation and capabilities building in biopharmaceuticals in Brazil: a knowledge network analysis. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO*, 4., 2019, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Blutching Engineering Procedures, 2019. p. 636-650.
- ANDRADE, E. I. G.; ACÚRCIO, F. A.; CHERCHIGLIA, M. L.; BELISÁRIO, S. A.; GUERRA JÚNIOR, A. A.; SZUSTER, D. A. C.; FALEIROS, D. R.; TEIXEIRA, H. V.; SILVA, G. D.; TAVEIRA, T. S. Pesquisa e produção científica em economia da saúde no Brasil. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 2, p. 211-235, abr. 2007.
- BLONDEL, V. D.; GUILLAUME, J.-L.; LAMBIOTTE, R.; LEFEBVRE, E. Fast unfolding of communities in large networks. **Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment**, United Kingdom, P10008, p. 1-13, Oct. 9, 2008.
- BRITTO, J.; VARGAS, M. A.; GADELHA, C. A. G.; COSTA, L. S. Competências científico-tecnológicas e cooperação universidade-empresa na saúde. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 46, supl. 1, p. 41-50, dez. 2012.
- CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H. The emerging discipline of collaborative networks. **Journal of Intelligent Manufacturing**, United Kingdom, v. 16, n. 4-5, p. 439-452, 2005.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Competências para inovar na indústria farmacêutica brasileira**. Brasília, 2017.
- CNPQ. **CNPq retoma o Censo DGP**. Brasília, 9 nov. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cnpq/pt-br/assuntos/noticias/cnpq-em-acao/cnpq-retoma-o-censo-dgp?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 17 maio 2025.
- CNPQ. **Painel DGP**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://lattes.cnpq.br/web/dgp/painel-dgp/>. Acesso em: 17 maio 2025.
- CNPQ. **Como os dados são obtidos**. Brasília, [2025]. Disponível em: <https://lattes.cnpq.br/web/dgp/como-os-dados-sao-obtidos>. Acesso em: 13 jun. 2025.
- CONSOLI, D.; MINA, A. An evolutionary perspective on health innovation systems. **Journal of Evolutionary Economics**, Heidelberg, v. 19, p. 297-319, 2009.
- DUAN, D.; XIA, Q. **Evolution of scientific collaboration on COVID-19: A bibliometric analysis**. *Learned Publishing*, Hoboken, v. 34, n. 3, p. 429-441, jul. 2021.

FAZLALI, M.; MORADI, E.; MALAZI, H. T. Adaptive parallel Louvain community detection on a multicore platform. **Microprocessors & Microsystems**, Guildford, v. 54, n. C, p. 26-34, Oct. 1, 2017.

FISCHER, B. B.; SCHAEFFER, P. R.; VONORTAS, N. S. Evolution of university-industry collaboration in Brazil from a technology upgrading perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, New York, v. 145, p. 330-340, Aug. 2019.

FREEMAN, L. A set of measures of centrality based on between ness. **Sociometry**, Albany, v. 40, n. 1, p. 35-41, Mar. 1977.

GODIN, B.; GINGRAS, Y. The place of universities in the system of knowledge production. **ResearchPolicy**, Amsterdam, v. 2, p. 273-278, 2000.

MCMANUS, C.; NEVES, A. A. B.; MARANHÃO, A. Q.; SOUZA FILHO, A. G.; SANTANA, J. M. International collaboration in Brazilian science: financing and impact. **Scientometrics**, 125, p. 2745–2772, 2020.

MINA, A.; RAMLOGAN, R.; TAMPUBOLON, G.; METCALFE, J. S. Mapping evolutionary trajectories: applications to the growth and transformation of medical knowledge. **Research Policy**, Amsterdam, v. 36, n. 5, p. 789-806, May 3, 2007.

MORLACCHI, P.; NELSON, R. R. How medical practice evolves: learning to treat failing hearts with an implantable device. **Research Policy**, Amsterdam, v. 40, n. 4, p. 511-525, May 2011.

NASCIMENTO, P. A. M. Áreas de maior especialização científica do Brasil e identificação de suas atuais instituições líderes. In: DE NEGRI, F.; SQUEFF, F. H. S. (org.). **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**. Brasília: IPEA; FINEP-CNPq, 2016. p. 618-637.

NEWMAN, M. E. J.; GIRVAN, M. **Finding and evaluating community structure in networks**. *Physical Review E*, College Park, v. 69, n. 2, p. 026113, 2004.

PARANHOS, J.; MERCADANTE, E.; HASENCLEVER, L. Os esforços inovativos das grandes empresas farmacêuticas no Brasil: o que mudou nas duas últimas décadas? **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, 19, e0200015, 2020.

SCHAEFFER, P. R.; DULLIUS, A. C.; RODRIGUES, R. M.; ZAWISLAK, P. A. Searching to bridge the gaps: a new typology of university-industry interaction. **Academia Revista Latinoamericana de Administración**, Santiago, v. 30, n. 4, p. 459-473, Nov. 2017.

SCOTT, J. **Social network analysis**. Thousand Oaks: SAGE, 2017.

SILVA, J. B.; ZELESCO, G. **Balanço Anual Orçamento do Conhecimento 2021**. Brasília: Observatório do Conhecimento, 2022.

SUTZ, J. Is there a role for innovation in health equity? In: CASSIOLATO, J. E.; SOARES, M. C. C. (ed.). **Health innovation systems, equity and development**. Rio de Janeiro: E-papers, 2015. p. 87-106.

SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. A. D. M. A interação entre universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil. In: SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. A. D. M.; CARIO, S. A. F. (org.). **Em busca da inovação: interação universidade-empresa no Brasil**. Belo Horizonte: Autêntica, 2011. p. 17-43.

TATSCH, A. L.; RUFFONI, J.; BOTELHO, M. dos R. A.; STEFANI, R. Knowledge networks in Brazil's health sciences. **Science and Public Policy**, Oxford, v. 49, n. 1, p. 72–84, 2022.

THUNE, T.; MINA, A. Hospitals as innovators in the health care system: a literature review and research agenda. **Research Policy**, Amsterdam, v. 45, p. 1545-1557, 2016.

TOMASSINI, C.; COHANOFF, C.; ROBAINA, S.; MENA-CHALCO, J. Health research networks based on national CV platforms in Brazil and Uruguay. **Journal of Scientometric Research**, India, v. 10, n. 1s, p. s88-s101, June 2021.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis: methods and applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.