

Redes de Interação no Sistema de Inovação em Saúde de Minas Gerais*

Networks in the Innovation Health System in Minas Gerais

Mozart Santos Martins, Marisa dos Reis A. Botelho, Janaina Ruffoni e Ana Lúcia Tatsch**

Resumo: A partir da abordagem de sistemas de inovação, este artigo propõe identificar os atores que se destacam no Sistema de Inovação de Saúde de Minas Gerais e caracterizar suas interações. São examinadas as interações que se estabelecem entre as universidades/institutos de pesquisa, a partir de seus grupos de pesquisa, e outras organizações. Foram coletadas informações junto ao Diretório de Pesquisas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (DGP/CNPq) para o ano de 2016. A partir dos dados dos grupos interativos de pesquisa da área de conhecimento das Ciências da Saúde sediados em Minas Gerais, foram construídas redes que informam características dos vínculos estabelecidos. Observou-se um número significativo de grupos de pesquisa que interagem com organizações de diversas áreas, com destaque para as interações realizadas entre grupos de pesquisas e universidades, sendo a UFMG o ator central local. No que diz respeito às interações grupos de pesquisa-firmas, apenas um pequeno número interage com o setor produtivo. Portanto, as potenciais conexões entre agentes, especialmente do setor produtivo, não se estabelecem de modo a que se tenha um sistema, na verdadeira acepção do termo.

Palavras-chave: Sistema de inovação de saúde. Redes de interação. Minas Gerais.

Abstract: Based on the innovation systems approach, this paper aims to identify the actors that stand out in the Minas Gerais Health Innovation System and to characterize their interactions. We examine the interactions that are established between universities/research institutes, from their research groups, and other organizations. We use information collected from the Research Directory of the National Council for Scientific and Technological Development (DGP/CNPq) for 2016. Considering data

* Submissão: 09/02/2021 | Aprovação: 13/06/2021 | DOI: 10.5380/re.v43i82.79329

** Respectivamente: (1) Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil | ORCID: 0000-0002-4414-7034 | E-mail: mozart.s.martins@gmail.com | (2) Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, Pesquisadora Produtividade em Pesquisa CNPq | ORCID: 0000-0003-4905-6673 | E-mail: botelhomr@ufu.br | (3) Programa de Pós-Graduação em Administração e Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil | ORCID: 0000-0002-7498-6437 | E-mail: janainart@gmail.com | (4) Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil | ORCID: 0000-0001-6770-9477 | E-mail: analuciatatsch@gmail.com



from the Health Sciences research interactive groups based in Minas Gerais, networks that inform characteristics of the established connections were built. A significant number of research groups were observed, which interact with organizations from various areas. There was also a large number of interactions between research groups and universities, with emphasis on UFMG as the central local actor. With regard to research groups-firms interactions, only a small number interact with the productive sector. Therefore, the potential connections between agents, especially in the productive sector, are not established in order to have an innovation system, in the real meaning of the term.

Keywords: Health Innovation System. Networks. Minas Gerais.

JEL: O30. I10.

1. Introdução

Estudar um sistema de inovação exige um olhar para os atores, seus papéis e as interações que estabelecem. Conforme Szapiro *et al.* (2021, p.333), uma visão ampla de sistema de inovação considera “instituições relacionadas diretamente ao desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovação, outras dimensões e políticas externas à infraestrutura de ciência e tecnologia.”. Um elemento importante dos sistemas é, portanto, a rede de colaboração estabelecida entre os atores que os formam.

Este estudo foca nas redes de colaboração científica, que têm crescido significativamente nas últimas décadas. Importantes questões emergem desse fenômeno, como a da crescente internacionalização das redes de pesquisas e a permanência de forte hierarquia entre os países quando se analisam os indicadores de resultados das pesquisas (Olechnicka *et al.*, 2019).

Na área de saúde humana, as redes de colaboração são, historicamente, o *modus operandi* das pesquisas com vistas ao desenvolvimento de novos medicamentos e de máquinas e equipamentos, mas também cresceram em importância no período recente, as razões principais do caráter *science-based* dos principais produtos, nos altos volumes de recursos necessários, no longo prazo e no alto risco associado às pesquisas. Em geral, as pesquisas e colaborações têm início em universidades e centros especializados de pesquisa, que desenvolvem os princípios básicos que originam e sustentam as inovações em produtos e processos. Na fase de testes clínicos, as colaborações com hospitais são de suma importância. Em fases posteriores, quando os benefícios comerciais se evidenciam, as empresas têm um importante papel nas redes de colaboração, por meio de seus laboratórios de P&D, pessoal qualificado e disponibilidade de recursos financeiros (Ramlogan *et al.*, 2007; Mina *et al.*, 2007).

Estes trabalhos têm em comum a abordagem de sistemas de inovação, da escola neoschumpeteriana ou evolucionária. Autores filiados a esse enfoque teórico desenvolveram estudos pioneiros (Gelijns; Rosenberg, 1995; Hicks; Katz, 1996), que realçaram o caráter evolucionário das inovações nessa área do conhecimento. Outros autores como Nelson *et al.* (2011), Morlacchi e Nelson (2011) e Mina *et al.* (2007) avançaram ao destacar as interações entre a indústria e os serviços na área médica e a interdisciplinaridade como elementos fundamentais para a geração de inovações.

Para os países em desenvolvimento, em geral estas redes apresentam especificidades, dada a presença de obstáculos para o desenvolvimento de todas as etapas das pesquisas e para atender as demandas nacionais de saúde (Hamlin; Andersen, 2019; Sutz, 2015). No caso brasileiro, estes obstáculos estão relacionados ao caráter tardio da construção de universidades e centros de pesquisa no Brasil (Suzigan; Albuquerque, 2011), com reflexos sobre a formação de recursos humanos e desenvolvimento de capacitações científicas na área de saúde (Albuquerque; Cassiolato, 2002). Soma-se a estes obstáculos o sub financiamento de atividades científicas no país.

A despeito dessas dificuldades, o Brasil possui um conjunto de instituições de referência, como a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e o Instituto Butantan, além de universidades públicas que se destacam nas pesquisas científicas ligadas à área de saúde humana. Os estudos de Nascimento (2016) e de De Negri (2018) mostram que, dentre as áreas nas quais o país apresenta grande expertise em nível internacional, está a de Ciências da Vida e Biomedicina, segundo indicadores de especialização científica.

O estado de Minas Gerais apresenta, historicamente, significativa participação nas pesquisas nessa área. A presença de importantes instituições, como a Fundação Ezequiel Dias (Funed) e o Centro de Pesquisa René Rachoud (CPqRR/Fiocruz), além de grandes hospitais universitários, como os abrigados pelas Universidades Federais de Minas Gerais (UFMG), de Uberlândia (UFU) e de Juiz de Fora (UFJF), fazem com que haja um significativo número de grupos de pesquisas no estado nessa área do conhecimento.

Albuquerque *et al.* (2002) informam, com dados de artigos científicos coletados pelo *Institute for Scientific Information* para o ano 2000, que a área de Ciências Biológicas era a segunda área de especialização científica do estado de Minas Gerais, atrás da área de Ciências Agrárias. Britto (2012) mostra que, em termos da distribuição espacial dos grupos de pesquisa, em 2010, cinco estados concentravam mais de 2/3 dos grupos na área de saúde, estando Minas Gerais em quarto lugar nessa classificação. Essa posição se mantém nos anos de 2014 e 2016, de acordo com os dados coletados pela pesquisa que deu origem a esse trabalho. Ademais, embora tenha havido uma diminuição no total de grupos de pesquisa na área de saúde humana entre 2014 e 2016, de 501 para 479 grupos, aumentou substancialmente o percentual de grupos com interação nesse período, de 25% do

total em 2014 para aproximadamente 35% em 2016. Em relação aos grupos interativos, em 2016 Minas Gerais colocou-se em quarto lugar dentre os cinco estados em que esses grupos se concentram (São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Paraná).

À luz do referencial teórico neoschumpeteriano e considerando a importância crescente que a área da saúde humana tem no campo das pesquisas acadêmicas, o objetivo desse trabalho é identificar quais são as características das redes de interação entre os grupos de pesquisa de instituições de ensino e pesquisa de Minas Gerais e outras organizações. Para cumprir esse objetivo, utiliza-se a base de dados do Diretório de Pesquisas do CNPq (DGP/CNPq) para o ano de 2016. A partir dos dados dos grupos de pesquisa mineiros da área das Ciências da Saúde que estabelecem relações, foram construídas redes que evidenciam suas interações com organizações diversas: firmas industriais, hospitais, instituições de ensino e pesquisa etc. Valeu-se da metodologia da *Social Network Analysis* (SNA) para a elaboração dessas redes.

O artigo está organizado em mais quatro seções além desta introdução. Na segunda, é sintetizado o referencial teórico. Na seção seguinte, são descritos os procedimentos metodológicos e na terceira seção apresenta-se a discussão dos resultados obtidos. Na última parte do artigo, são apresentadas as conclusões.

2. Fundamentos teóricos sobre sistema de inovação setorial em saúde

A importância da área da saúde humana como objeto de estudos tem crescido enormemente nos últimos anos, especialmente em função dos grandes desafios que se colocam para o futuro. Destaque-se, a esse respeito, a tendência ao envelhecimento populacional, com seus novos requerimentos em termos de tratamentos médicos, e o papel das novas tecnologias de informação e comunicação, com especial impacto no setor de máquinas e equipamentos médico-hospitalares e para o desenvolvimento da telemedicina.

Em decorrência, têm crescido substancialmente as pesquisas acadêmicas no campo da saúde humana, assim como as políticas públicas devotadas a lidar com os enormes desafios que se apresentam na atualidade. O entendimento de como se desenvolvem as pesquisas e como são geradas as inovações nesse campo do

conhecimento têm sido um dos focos dos trabalhos de autores da escola neoschumpeteriana (ou evolucionária).

Dentro da abordagem de sistemas de inovação¹, Malerba (2002) destaca que os tipos e as estruturas de relacionamento e redes diferem consideravelmente de um sistema setorial para outro, como resultado das características da base de conhecimento, dos processos de aprendizado, das tecnologias básicas, das características da demanda, dos principais elos e das complementaridades dinâmicas.

No que se refere à área da saúde humana, os setores econômicos envolvidos com a geração de novos produtos e processos têm forte proximidade com a ciência básica, especialmente considerando a indústria de fármacos e medicamentos, conforme assinalado nos estudos pioneiros de Pavitt (1984) e em estudos posteriores (Nelson, 1995; Gelijns; Rosenberg, 1995).

Na taxonomia proposta por Castellacci (2008), que avança em relação à proposta por Pavitt (1984) ao articular a atividade industrial com as atividades de serviços, a indústria de máquinas e equipamentos para a área médica insere-se entre as denominadas ‘*advanced knowledge providers*’ (provedores de conhecimento avançado). Articulam-se, pelo lado da indústria, os produtores de máquinas, equipamentos e instrumentos de precisão e, pelo lado dos serviços, os denominados ‘*knowledge-intensive business services*’ (serviços especializados para soluções tecnológicas, como software, P&D, engenharia).

Os avanços no conhecimento de como se desenvolvem as inovações na área da saúde humana destacam seu caráter evolucionário, dada a complexidade envolvida no caminho entre as descobertas científicas e a longa fase de testes e adaptações necessários até que se obtenham de fato novos produtos e processos. A esse respeito, Gelijns e Rosenberg (1995) realçam a inadequação do denominado ‘modelo linear de inovação’ para explicar o progresso técnico nesse campo do conhecimento.

Há, portanto, um conjunto de características que tornam complexa a geração de novos produtos e processos para a área da saúde humana:

¹ A abordagem de sistemas de inovação reúne, atualmente, um importante conjunto de trabalhos desenvolvidos a partir dos estudos pioneiros de Freeman (1995), Lundvall (1992) e Nelson (1993), com ênfase nos sistemas nacionais de inovação.

- O caráter *science-based* dos setores econômicos envolvidos com a inovação na área médica determina a presença de uma diversidade de agentes envolvidos, com destaque para universidades e centros de pesquisas especializados (Nelson, 1995; Mowery; Sampat, 2006);
- O processo inovativo é estimulado por avanços científicos em outras áreas de conhecimento, tais como a engenharia, o que realça o caráter interdisciplinar da inovação na área da saúde e sua dependência de pesquisas multidisciplinares (Nelson *et al.*, 2011);
- Os principais setores industriais envolvidos, o de fármacos e medicamentos e o de máquinas e equipamentos médicos, apresentam distintas dinâmicas setoriais e trajetórias tecnológicas (Pavitt, 1984; Castellacci, 2008);
- Há crescente articulação entre atividades industriais e de serviços. A prestação de serviços médicos, especialmente os voltados aos atendimentos de alta complexidade, e os hospitais que os abrigam, aparecem como *locus* privilegiado para a geração de inovações na área da saúde (Gelijns; Rosenberg, 1995; Djellal; Gallouj, 2005; Windrum; García-Goñi, 2008; Nelson *et al.*, 2011).

Há, portanto, grande complexidade em torno das mudanças tecnológicas em produtos e serviços na área médica, o que leva à necessidade de interação de diversos atores para que o processo inovativo seja bem-sucedido. Soma-se a isso, a forte regulação que os setores envolvidos sofrem e o importante papel do governo no estímulo às pesquisas, especialmente as básicas, nas compras públicas (vacinas, por exemplo) e na articulação com o setor privado.

Isto posto, as características da CT&I no setor de saúde envolvem o complexo médico-industrial, o sistema biomédico de inovação e as interações entre universidades/institutos de pesquisa e indústrias para produção de tecnologias médicas. Para que as interações entre esses agentes ocorram de forma adequada e sejam capazes de dinamizar o processo inovativo no setor, o sistema de inovação deve ser maduro e as instituições de bem-estar devem ser abrangentes (Albuquerque; Cassiolato, 2002).

Nessa direção, Albuquerque e Cassiolato (2002), Gelijns e Rosenberg (1995) e Hicks e Katz (1996), fazem referência às principais características do sistema de inovação de saúde específico de países desenvolvidos: forte

proximidade entre ciência e tecnologia; articulação desenvolvida entre universidade e indústrias, como a biotecnológica, farmacêutica e equipamentos médicos; intensa dependência da inovação médica de pesquisas multidisciplinares, ou seja, a cooperação entre profissionais de diferentes bases científicas; graus diferentes de interação dos serviços médicos (hospitais, clínicas e centros médicos) com firmas e universidades; existência de instituições de regulação; interações entre saúde pública e centros acadêmicos; e repercussão direta das inovações médicas sobre o bem-estar da população.

Albuquerque e Cassiolato (2000) apontaram para o caráter imaturo e incompleto do sistema de inovação de saúde no Brasil, e caracterizaram os seus principais gargalos destacando: (i) a pequena participação e o baixo impacto sobre o conjunto do sistema do complexo universidade/institutos de pesquisa. O sistema de formação e pesquisa apresentava uma forte dependência do resto do mundo, para absorver conhecimentos e articular intercâmbios; (ii) a pequena participação do setor industrial nos fluxos de informação científica e tecnológica. A indústria farmacêutica tem, historicamente, grande participação de empresas multinacionais, que tendem a concentrar as pesquisas em seus países de origem, o que debilita as interações entre as firmas e as universidades. Ademais, destacava-se a baixa participação no setor farmacêutico da indústria biotecnológica; (iii) a fragilidade dos mecanismos regulatórios na interação entre os sistemas de saúde e de inovação que estimula um processo de absorção passiva e desordenada de conhecimentos sobre equipamentos e tecnologias, dificultando a multiplicação dos fluxos de conhecimentos tecnológicos no país.

Essas características gerais permanecem presentes no sistema de inovação em saúde brasileiro, a despeito de mudanças recentes terem contribuído para melhorar alguns dos aspectos elencados por Albuquerque e Cassiolato (2000).

Por exemplo, o estudo de Tatsch *et al.* (2021a) aponta para um aumento de 2010 a 2016 do número de grupos de pesquisa e das interações na área de conhecimento da saúde humana do Rio Grande do Sul, ainda que a maioria dos grupos de pesquisa interajam com somente um parceiro.

Também é importante destacar a melhoria na infraestrutura de pesquisa acadêmica nacional nas últimas duas décadas, para o que contribuíram diversos programas de financiamento, como os capitaneados pela FINEP e CNPq, parte deles voltados ao estímulo às interações universidade-empresa. Também o

BNDES tem tido grande importância no financiamento de programas de apoio à indústria farmacêutica, como o PROFARMA, instituído em 2004 (Caliari; Rapini, 2016). A melhoria das condições de financiamento, em conjunto com mudanças em leis e regulamentos, como a dos medicamentos genéricos, tem contribuído para aumentar a participação de empresas nacionais nas vendas da indústria farmacêutica no Brasil (CGEE, 2017).

A despeito dessas melhorias recentes, os diversos tipos de interações e produção de conhecimento que sustentam e estimulam o processo inovativo na área da saúde nos países desenvolvidos não apresentam a mesma dinâmica nos países em desenvolvimento. Há a presença de vários fatores históricos-estruturais que inibem/limitam o desenvolvimento de sistemas de inovação em saúde adequados às estruturas de demanda desses países. Para o Brasil, por exemplo, Rapini (2014, p. 227), ao analisar o trabalho de Paranhos (2012), destaca a importância do crescimento das empresas nacionais farmacêuticas a partir da produção de medicamentos genéricos, porém aponta entraves como o fato de as empresas nacionais serem “pouco inovadoras, registrando baixos investimentos em atividades de P&D” e “as ICTs, apesar de possuírem reconhecida competência em diversas áreas do conhecimento, carecem de orçamento para a realização de pesquisas, bem como de regras para a interação com empresas”.

É importante considerar a realidade dos países em desenvolvimento para compreender o processo dinâmico e contemporâneo dos sistemas de inovação na área da saúde humana. Conforme apontado por Dutta *et al.* (2019, p. 45), “*the geography of medical innovation is changing to progressively include emerging economies. The demand for improved health services is growing in these regions, driven by a rising middle class and robust economic growth*”. Os autores mencionam China, Índia, México, Vietnã, Indonésia, África do Sul e outros.

A Índia é exemplo de um país que conseguiu superar ao menos em parte alguns entraves e hoje tem uma posição de destaque na indústria farmacêutica internacional. A Índia é um dos países que deliberadamente implementaram políticas estruturantes adequadas e aproveitaram oportunidades e brechas da legislação que regula o livre comércio para desenvolver sua indústria farmacêutica (Françoso; Strachman, 2013). Ademais, conforme apresentado por Abrol *et al.* (2016), a Índia soube combinar capacitações acumuladas desde o início de seu processo de industrialização com novas capacitações, especialmente na área de

tecnologias de informação e comunicação, para constituir um importante sistema setorial de inovações na área de saúde. Também são considerados importantes pelos autores o aproveitamento de conhecimentos tradicionais, oriundos de práticas medicinais milenares. Os autores destacam como a combinação desses elementos permitiu aproveitar oportunidades e desenvolver inovações de baixo custo, voltadas ao atendimento das necessidades de saúde da população da Índia. Nesta linha, Falcão e Paranhos (2021) destacam que as políticas de inovação para a indústria farmacêutica indiana pós-2005 apresentam uma abordagem sistêmica da inovação, sendo este país uma referência positiva para outros países em desenvolvimento.

No que se refere à China, de acordo com Dutta *et al.* (2019), essa economia se destacou em termos de volume de patentes de 2010 a 2017 na área de biotecnologia (2º lugar), farmacêuticos (1º lugar) e tecnologia médica (3º lugar), estando à frente de importantes economias desenvolvidas, como a Alemanha. O país está em primeiro lugar quando se avalia o crescimento das publicações de patentes na área médica, no mesmo período, e entre os países de renda média, coloca-se à frente da Índia e do México. O estudo de Peixoto (2021), que analisa as políticas industriais chinesas, menciona que a partir de 2016 a China reconfigurou seu “Programa para Indústrias Estratégicas Emergentes” (PIEE), selecionando cinco setores para atuação imediata, dentre os quais está Biotecnologia e Fármacos.”²

Dada a forte diversidade regional que caracteriza o sistema de inovação brasileiro (Albuquerque *et al.*, 2002), é importante analisar os sistemas em nível regional, buscando apreender suas especificidades. Minas Gerais é um dos estados brasileiros que mais concentram as pesquisas na área de saúde humana, entretanto, identificam-se poucos trabalhos que tenham a interação entre universidades, institutos de pesquisa, empresas e outras organizações na área de saúde como tema de pesquisa.

² Sobre a experiência chinesa, Roncaglia e Gala (2020, p. 149) mencionam que na área de equipamentos médicos a China avança com rapidez e citam o exemplo do uso da tecnologia 5G por um hospital de Xangai para “transmitir ao vivo uma cirurgia feita com avançado sistema robótico que facilita intervenções complexas ao usar método minimamente invasivo. Os autores também citam a empresa Biobase que “colabora com cientistas na criação de máquinas para o desenvolvimento de células-tronco” e “possui 186 patentes com certificações na Europa e EUA”.

Em acordo com o objetivo desse trabalho, destaca-se o estudo de Silva Neto *et al.* (2012). Os autores utilizaram uma pesquisa do tipo *survey* realizada com líderes de grupos de pesquisa de medicina em Minas Gerais que declararam ter relacionamentos com unidades do setor produtivo. Foram identificados 124 líderes de grupos de pesquisas em Minas Gerais e, ao todo, 49 grupos responderam o questionário elaborado no âmbito da pesquisa. Entre os quesitos do questionário, foram abordados três aspectos: canais de informação, tipos de relacionamento e resultado das interações.

Entre os resultados encontrados sobre os principais tipos de relacionamento, destacam-se os serviços especializados que envolvem exames de laboratório e financiamento de consultoria, seguidos por consultorias, testes de padronização em laboratórios, projetos de P&D substitutos às atividades de inovação das instituições e avaliação de novos medicamentos ou vacinas. A respeito dos canais de informação para a transferência de conhecimento entre os grupos de pesquisa e empresas, as respostas classificadas como “muito importante” e “moderadamente importante” foram: publicações, congressos e seminários, treinamento de pessoal, troca informal de informações, intercâmbio temporário de funcionários e consultoria individual. Analisando as respostas “muito importante” e “moderadamente importante” para o quesito resultado das interações, as indicações mais frequentes foram: publicações, teses e dissertações, formação de RH e estudantes e procedimentos/protocolos clínicos.

Como conclusões do trabalho, destaca-se a importância do grau de interação dos grupos de pesquisa com o sistema público de saúde do estado, onde há interações mais fortes entre a assistência médica pública (SUS) e os centros acadêmicos, e menos intenso desses últimos com as empresas, hospitais e laboratórios do setor privado. Cabe ainda ressaltar a identificação da existência de cooperação acadêmica dos grupos do estado com universidades e centros de saúde no exterior, as quais apresentam maior intensidade quando comparadas com as instituições localizadas no interior do país. Além disso, a formação de recursos humanos, publicações, orientações de teses e dissertações aparecem como importantes resultados da interação com as empresas. No que diz respeito aos tipos de relacionamento pelos grupos, os resultados sugerem que há carência de uma estrutura específica, ou mesmo articulada, que forneça serviços ao sistema público de saúde, que não os encontrados nas universidades com seus pesquisadores. Em

relação aos canais de informação, aqueles que se referem à ‘ciência aberta’ são os mais utilizados e os canais institucionais, como incubadoras e parques tecnológicos, ainda são poucos utilizados para a troca de conhecimento entre os agentes. Por fim, os autores mostram que há subestimação no censo 2008 do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq em relação ao grau de interação entre os grupos e as instituições de saúde.

O presente trabalho utiliza a mesma base de dados secundários explorada por Silva Neto *et al.* (2012), mas para o ano de 2016, a mais recente publicada pelo CNPQ. Ademais, utiliza outra abordagem metodológica, descrita na sequência, o que permite avançar em relação ao conhecimento nessa área.

3. Procedimentos metodológicos

Nesse estudo, adotou-se o método de *Social Network Analysis* (SNA) para exame das interações entre grupos de pesquisa (instituições de ensino e pesquisa/universidades) e organizações em geral do sistema de inovação de saúde de Minas Gerais. Outros estudos já aplicaram esse método para análises semelhantes, com dados do DGP/CNPQ: Tatsch *et al.* (2021b) analisaram as interações de grupos de pesquisa com atores diversos para a área da medicina no Brasil, a partir do censo de 2016; Tatsch *et al.* (2021a) analisaram as redes de interação para um estudo longitudinal de 2010 a 2016 para o Rio Grande do Sul; Alves *et al.* (2019) analisaram as redes interativas na indústria biofarmacêutica brasileira para o ano de 2016³.

Para a análise das redes, utilizou-se os dados dos grupos de pesquisa divulgados pelo censo do Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP) do CNPq para o ano de 2016⁴. As informações do censo utilizado foram organizadas da seguinte forma: 1) foram selecionados os grupos sediados em universidades/instituições de ensino e pesquisa localizados em MG que informaram interagir com, pelo menos, alguma organização; e 2) destes, foram identificados aqueles classificados como sendo da grande área de conhecimento de Ciências da Saúde. Vale ressaltar que

³ Há vários trabalhos que utilizam o método de SNA na área da saúde humana. Pode-se citar os de Mina *et al.* (2007) e Ramlogan *et al.* (2007). Deve-se registrar que os trabalhos não são diretamente comparáveis, pois a unidade de análise, os grupos registrados no DGP/CNPq, não é equivalente à usada nestes trabalhos.

⁴ Último censo disponível quando da realização deste estudo.

para a seleção foram considerados os grupos para os quais as informações disponibilizadas estavam completas.

A partir de então, os grupos foram codificados considerando os seguintes critérios: 1) sigla da universidade/instituição de origem do grupo; 2) sigla da área de conhecimento (considerando sua terminologia em inglês)⁵; e 3) número do grupo da área de conhecimento presente na mesma instituição. Posteriormente, foram criados códigos também para as organizações com as quais os grupos de pesquisa informaram interagir. O padrão para geração desses códigos incluiu: 1) sigla da organização; 2) tipo e localização da organização (considerando terminologia em inglês). Foram identificados seis tipos de organização: Associação, Faculdade, Firma, Hospital, Instituição Pública e Universidade (adotou-se a terminologia em inglês⁶). Em relação à localização da organização seguiu-se o padrão: *Local* (L) para organizações localizadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH); *Minas Gerais* (MG) para organizações localizadas no estado, exceto na RMBH; *Brasil* (BR) para organizações localizadas no país, mas não em MG; e *Foreign* (F) para organizações localizadas fora do país. Por fim, os códigos gerados no censo de dados foram utilizados para a construção da base de matrizes quadráticas necessárias para o tratamento dos dados conforme a SNA, o que foi feito a partir do software UCINET.

A escolha pelo método de *Social Network Analysis* (SNA) justifica-se por este permitir analisar as interações para além de estatísticas descritivas dos dados, a partir da verificação do comportamento da estrutura da rede pelo uso de indicadores como centralidade, densidade e proximidade. A partir desses indicadores, foi possível extrair informações importantes para o propósito deste trabalho, tais como: o grau de conectividade da rede, indivíduos com maior ou menor número de interações, atores centrais, atores pontes, assim como, a capacidade de um ator se ligar a todos os demais (grau de proximidade). Alejandro e Norman (2005) destacam alguns elementos básicos para o entendimento da análise de redes, que são: nós ou atores, vínculo entre dois ou mais atores,

⁵ As siglas empregadas foram as seguintes: *phed* para Educação Física, *nur* para Enfermagem, *phar* para Farmácia, *pot* para Fisioterapia e Terapia Ocupacional, *med* para Medicina, *nut* para Nutrição, *dent* para Odontologia e *ch* para Saúde Coletiva.

⁶ Na figura das redes, as siglas foram propostas a partir destes termos em inglês. Leia-se, portanto, respectivamente: *Association*, *College*, *Firm*, *Public Institution*, *University* e *Hospital*.

subgrupos dentro da rede, grupos, direção dos vínculos (fluxos) e outros. Estes elementos foram considerados na estrutura e análise das redes.

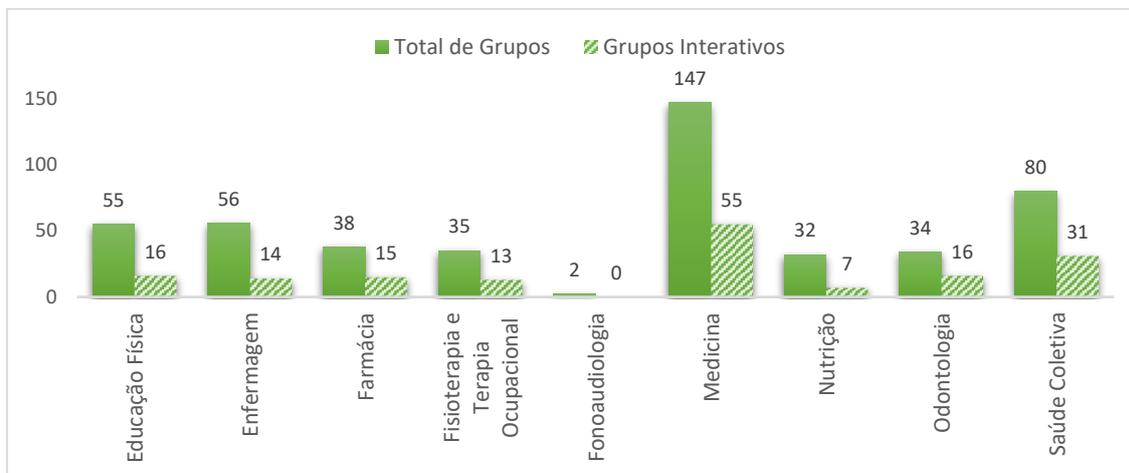
Registra-se que o estudo realizado é de natureza estática, pois é analisada a rede de um ano específico do sistema de inovação.

4. Descrição e análise das interações do sistema regional de inovação da área da saúde em MG

Na grande área de Ciências da Saúde, Minas Gerais é o quarto estado brasileiro em termos de grupos de pesquisa que estabelecem parcerias e, portanto, que interagem com outras organizações. Considerando os dados do censo do DGP/CNPq para o ano de 2016, há 479 grupos de pesquisa e 167 (35%) grupos indicaram interagir com pelo menos uma organização. Os grupos interativos estabeleceram um total de 370 interações, as quais envolveram a participação de 168 organizações.

O Gráfico 1 apresenta a distribuição dos grupos da grande área da saúde em MG, a partir das suas áreas de conhecimento para o ano de 2016. Tanto o número total de grupos, como os grupos interativos que atuam na área da Medicina, foram os mais significativos, representando aproximadamente um terço do total das Ciências da Saúde. Em relação às outras áreas de conhecimento, destaca-se, em segundo lugar, a área de Saúde Coletiva, com 31 grupos interativos. Por fim, ressalta-se que dentre as áreas investigadas, a de menor representatividade foi a área de Nutrição, com apenas 7 grupos interativos e a única área que não apresentou grupos interativos na amostra foi a de Fonoaudiologia.

Gráfico 1 – Distribuição dos grupos da área da saúde em MG, por área de conhecimento (2016)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq.

Na Tabela 1 destacam-se as instituições de ensino e pesquisa mineiras que sediam os grupos de pesquisa interativos, bem como sua localização, seja na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), seja no interior do estado. Observa-se que, apesar de haver um maior número de instituições fora da RMBH, os grupos interativos concentram-se nessa região. Aproximadamente 66% desses grupos estão localizados na RMBH. Isso se dá, principalmente, pela presença da UFMG, que possui um número significativo de grupos em relação ao total, evidenciando o peso da instituição para a região, assim como para o estado de Minas Gerais.

Com relação às instituições sediadas fora da RMBH, destacam-se a UFJF, com 22 grupos de pesquisa e as universidades de Ouro Preto (UFOP) e Vale do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), ambas com 13 grupos de pesquisa cada.

Tabela 1 – Número de grupos de pesquisa por instituição de ensino e pesquisa que os sedia e sua localização (2016)

Local	Universidade/Instituição	Total de Grupos	Grupos Interativos
RMBH	FHEMIG (Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais)	19	6
	FUNED (Fundação Ezequial Dias)	3	2
	HEMOMINAS (Fundação Hemominas)	3	3
	Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix	1	0
	IEP-SC (Instituto de Ensino e Pesquisa da Santa Casa de Belo Horizonte)	3	3
	PUC-MG (Pontífica Universidade Católica de Minas Gerais)	13	6
	UEMG (Universidade do Estado de Minas Gerais)	4	0
	UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais)	123	44
	UFV (Universidade Federal de Viçosa campus Florestal)	2	0
	UNIBH (Centro Universitário de Belo Horizonte)	1	1
	UNIFENAS (Universidade José do Rosário Vellano)	2	2
MG	FADIP (Faculdade Dinâmica Vale do Piranga)	1	0
	FESP (Fundação de Ensino Superior de Passos)	1	0
	HEMOMINAS (Fundação Hemominas)	1	1
	IFNMG (Inst. Federal de Educação C&T do Norte de Minas Gerais)	1	1
	IFSULDEMG (Inst. Federal de Educação C&T do Sul de Minas Gerais)	2	0
	IFSUDESTEMG (Inst. Federal de Educação C&T do Sudeste de Minas Gerais)	1	0
	PUC-MG (Pontífica Universidade Católica de Minas Gerais)	2	0
	UEMG (Universidade do Estado de Minas Gerais)	6	0
	UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora)	65	22
	UFLA (Universidade Federal de Lavras)	11	5
	UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto)	25	13
	UFSJ (Universidade Federal de São João Del-Rei)	17	8
	UFTM (Universidade Federal do Triângulo Mineiro)	45	11
	UFU (Universidade Federal de Uberlândia)	28	8
	UFV (Universidade Federal de Viçosa)	15	4
	UFVJM (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri)	32	13
	UNIFAL (Universidade Federal de Alfenas)	15	3
	UNIFENAS (Universidade José do Rosário Vellano)	1	1
	UNILAVRAS (Centro Universitário de Lavras)	1	1
	UNIMONTES (Universidade Estadual de Montes Claros)	10	2
	UNIPAC (Universidade Presidente Antônio Carlos)	3	0
	UNIPAM (Centro Universitário de Patos de Minas)	2	1
	UNITRI (Centro Universitário do Triângulo)	3	1
UNIUBE (Universidade de Uberaba)	6	2	
UNIVALE (Universidade Vale do Rio Doce)	1	1	
UNIVÁS (Universidade do Vale do Sapucaí)	10	2	

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq.

Apresentam-se, na Tabela 2, os indicadores, calculados a partir do método SNA que visam melhor caracterizar as redes de interações.

Tabela 2 – Indicadores da rede da área da saúde em MG (2016)

Indicadores	
Centralidade	
Média (conforme método Freeman)	1,081
Centralidade (outdegree)	3,915%
Centralidade (indegree)	12,399%
Densidade (média)	0,003
Densidade (desvio padrão)	0,057
Distância geodésica	
Média entre pares alcançáveis	1,000
Coesão (distância baseada em coesão)	0,003*
Proximidade: <i>Eigenvector</i>	
Média	0,022
Desvio Padrão	0,050

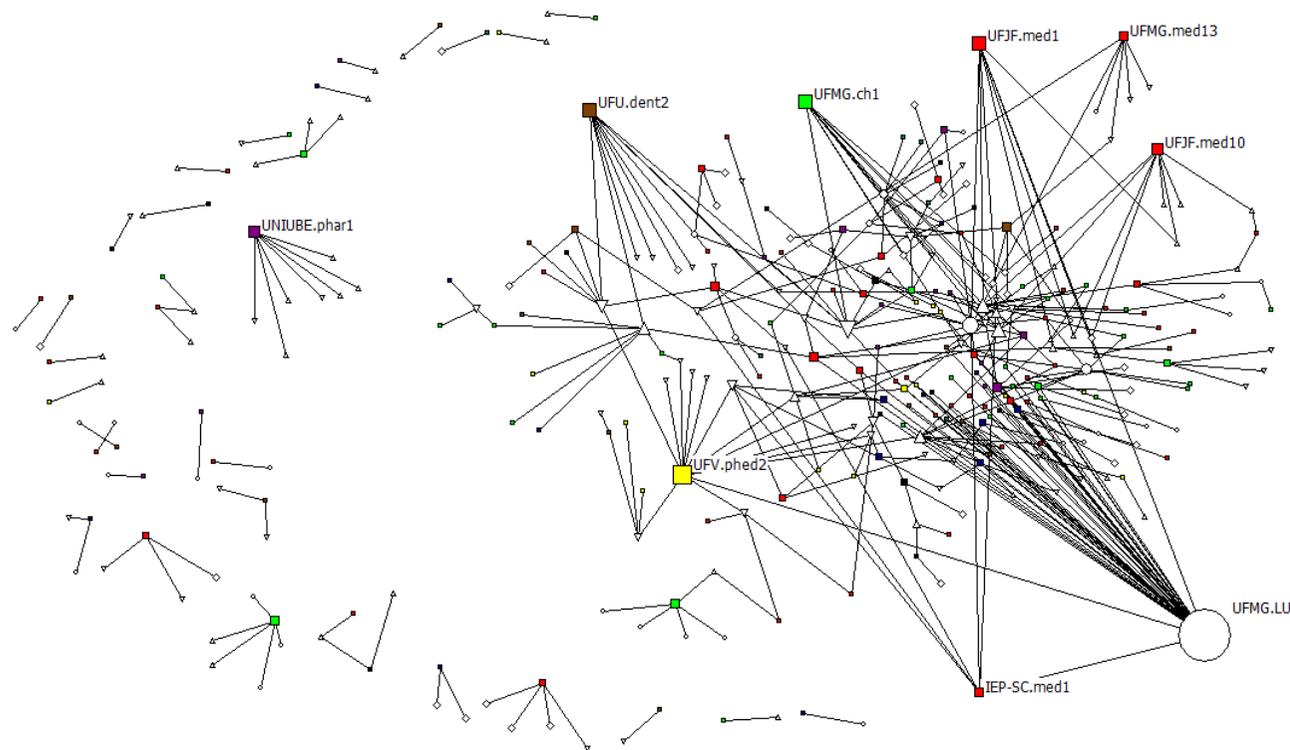
Nota: (*) de 0 a 1, sendo que valores altos representam alta coesão na rede.
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq.

O indicador de centralidade busca medir o número de interações que um ator possui com os outros atores em uma rede, onde, segundo SCOTT (2000), um ator é considerado localmente central se ele apresenta grande número de conexões com outros pontos e globalmente central se possuir posição significativamente estratégica na rede como um todo. O grau de centralidade é composto por: a) grau de centralidade de entrada (*indegree*), que corresponde à soma das interações que os outros nodos têm com um determinado ator; b) grau de centralidade de saída (*outdegree*), que indica a soma das interações que um ator da rede tem com os outros atores (Velásquez; Aguilar, 2005).

A centralidade calculada foi de 1,081, ou seja, apenas 8,1% do total de interações da rede necessitam passar pelo ator central (UFMG.LU) para se ligarem uns aos outros. Portanto, o grau de centralidade da rede pode ser considerado baixo, uma vez que existe um número significativo de atores na rede (167 grupos de pesquisa que interagem com 168 organizações). Dentre esses atores, a UFMG é aquela que tem o papel de ator localmente central, dado o número das suas conexões com os demais atores da rede. Ademais, os indicadores de centralidade *outdegree* (3,915%) e *indegree* (12,399%) indicam que o papel de destaque da UFMG encontra-se como instituição receptora de interações, ou seja, fonte de

consulta e parcerias das demais instituições, as quais são conexões majoritariamente realizadas com universidades (localizadas dentro e/ou fora do estado). Por fim, pode-se concluir que a rede identificada é muito diferente de uma rede em formato de estrela, na qual há um ator globalmente central que conecta (ou controla) todos os demais, o que pode ser verificado na Figura 1.

Figura 1 – Grupos de pesquisa de MG, organizados por área de conhecimento da saúde humana e suas interações com organizações (2016)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq (2016) e NET DRAW 6.

Cada ator na rede representa um nó. O seu tamanho indica o quanto de interações possui. Assim, quanto maior é o tamanho do nó, maior é o número de interações que esse ator possui na rede e também maior será a fonte da sua sigla na imagem da rede. Todos os atores da rede que se destacaram estão identificados deste modo, e o indicador de centralidade (*degree*) foi escolhido para essa definição. Observa-se na imagem que há uma rede de atores conectados em tamanhos de grupos distintos que, em geral, são pequenos, denotando uma intensidade baixa de interações. Analisando a Figura 1, é importante ressaltar que há atores que se destacam pelas interações que estabelecem e, conseqüentemente, pela sua posição na rede. Os grupos que se destacaram são os sediados em universidades públicas e um grupo do Instituto de Ensino e Pesquisa da Santa Casa⁹ – hospital universitário – da área da Medicina (IEP-SC.med1). Outros cinco grupos importantes na rede (UFJF.med1, UFJF.med10, UFMG.ch1, UFMG.med13 e UFU.dent2) estão sediados em universidades que abrigam importantes hospitais universitários dentro do estado.

No que diz respeito à UFMG.LU, a instituição exerce um importante papel na área da saúde humana do estado. Enquanto organização (*local university*), a instituição é a principal parceira dos grupos de pesquisas sediados em outras instituições, o que pode ser verificado pelo tamanho do seu nó. Além disso, a instituição abriga 26,3% (44 grupos) do total dos grupos interativos, dos quais dois grupos apresentaram papel de destaque na rede (UFMG.ch1 e UFMG.med13), além de contar com um dos mais importantes hospitais universitários do estado, o Hospital das Clínicas da UFMG.

Por fim, esses grupos são de áreas distintas de conhecimento, tais como Educação Física, Farmácia, Medicina, Odontologia e Saúde Coletiva, com interações estabelecidas em diversas localidades (em níveis local, regional, nacional e internacional). Além disso, verifica-se que grande parte dos atores que interagem com esses grupos são universidades e instituições públicas, com exceção do grupo de pesquisa UNIUBE.phar1, que interage exclusivamente com o setor produtivo. Trata-se de uma característica da rede de saúde de Minas Gerais, visto que o estado tem um grande número de universidades federais e importantes instituições públicas (Fiocruz, Funed, etc.) ligadas a essa área de conhecimento.

⁹ Hospital universitário com cursos de pós-graduação (mestrado e doutorado).

A importância de organizações públicas (universidades e outros centros de pesquisa) na geração de conhecimento na área de saúde foi realçada na rede, o que vai ao encontro da literatura de referência. Também a importância dos serviços médicos especializados (de alta complexidade) e os hospitais que os abrigam, como os prestados pelo Complexo Santa Casa¹⁰, para a formação da base de conhecimento e geração de inovações na área da saúde foi verificada, o que está em linha com os resultados de estudos internacionais (Gelijns; Rosenberg, 1995; Djellal; Gallouj, 2005; WINDRUM; García-Goñi, 2008; Nelson *et al.*, 2011).

Em relação ao indicador de densidade, este mostra a intensidade das conexões (baixa ou alta conectividade) da rede. A densidade calculada foi de 0,003, o que significa que apenas 0,3% das interações possíveis dentro da rede ocorrem de fato. Isso permite afirmar que as interações na rede analisada são quase nulas, onde pouco poder de influência mútua é exercido entre os atores. Conseqüentemente, o fluxo de informações e recursos (troca de bens, serviços, recursos e contatos na rede) é impactado diretamente pela densidade da rede. Os resultados do indicador de distância geodésica reforçam esse argumento, mostrando que são necessários somente 1,0 atores para ligar a outro. Isso significa que a rede apresenta um baixo número de atores pontes (intermediação), de modo que as ligações ocorrem majoritariamente de forma direta, assim como apresentam baixa coesão (0,003).

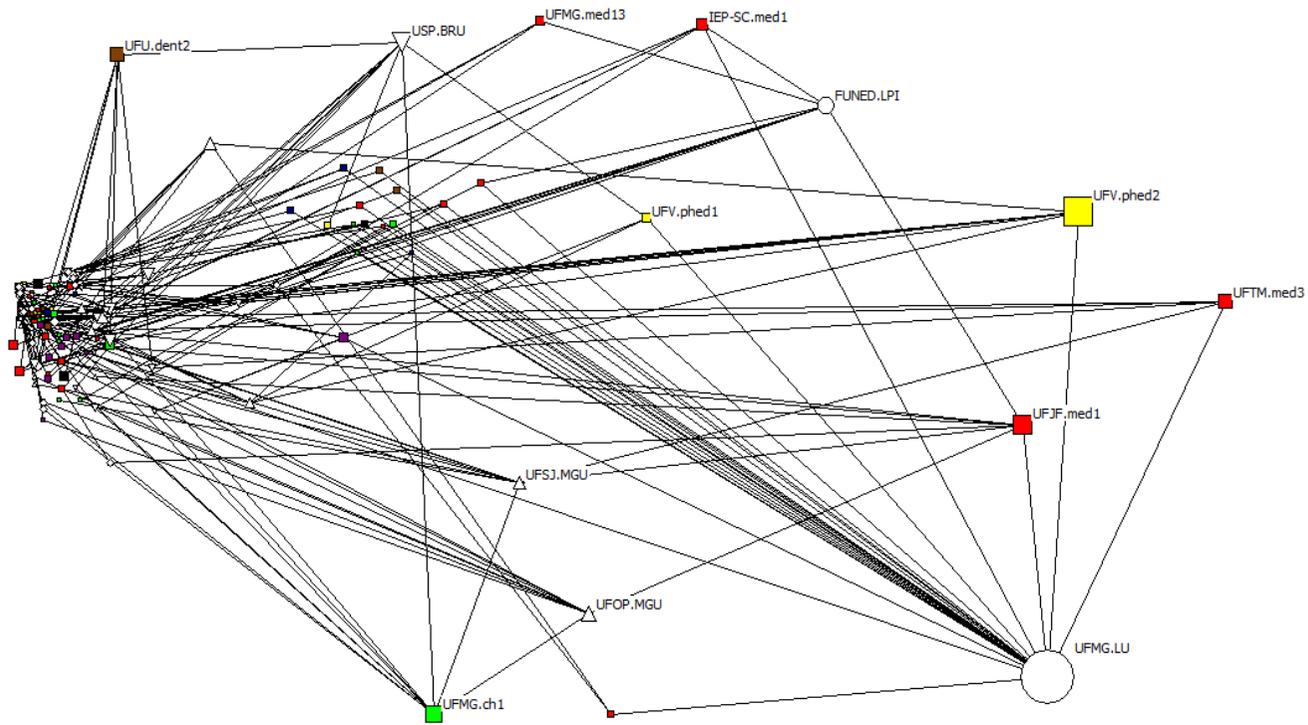
O indicador de proximidade calculado foi o *Eigenvector*. A partir dos resultados é possível observar que há alta variabilidade na proximidade entre os atores, uma vez que o desvio padrão (0,050) está distante da média (0,022). Esse indicador possibilita identificar a capacidade de um ator se ligar a todos os demais atores da rede. Atores que apresentam valores altos no autovetor ocupam posições centrais, enquanto aqueles com valores baixos ocupam posições de menor destaque. Explorando esse recurso, os atores que se destacam na rede apresentam valores de *Eigenvector* superiores a 13. O ator UFMG.LU corresponde ao maior valor de *Eigenvector* (93,67), seguido por UFV.phed2 (*Eigenvector* de 23,47) e UFJF.med1 (*Eigenvector* de 21,34). Os atores centrais que apresentaram maior

¹⁰ O complexo Santa Casa engloba: Santa Casa BH; Hospital São Lucas; Centro de Especialidades Médicas (CEM Santa Casa BH); Funerária Santa Casa BH; SCBH Ensino e Pesquisa (hospital universitário); e Instituto Geriátrico Afonso Pena (IGAP Santa Casa BH). Os serviços médicos de alta complexidade oferecidos pelo grupo Santa Casa abrangem várias áreas, dentre elas: Cardiologia, Neurologia, Pneumologia, Reumatologia, Oncologia e outras.

capacidade de se ligarem a todos os atores da rede estão identificados na Figura 2 pelo tamanho dos seus nós, enquanto os atores com menor capacidade de ligação foram identificados por pontos menores.

A Figura 3 apresenta a rede organizada pela capacidade de intermediação entre seus atores, por meio do indicador *Betweenness*. Esse indicador possibilita identificar atores pontes, ou seja, averiguar a capacidade que um ator tem de intermediar as comunicações entre pares de atores. É possível visualizar um menor número de atores que se destacam, representados pelo tamanho de seus nodos. Observa-se que atores centrais, que apresentaram maior grau de interação com as organizações (Figura 1), voltam a destacar-se pela sua capacidade de intermediação no fluxo de comunicação entre os atores da rede, tais como: UFV.phed2; UFJF.med1; UFU.dent2; UFMG.ch1; UFMG.med13 e IEP-SC.med1. Ressalta-se, ainda, a emergência de dois novos atores: UFTM.med3 e UFV.phed1. Conforme observado, esses atores são grupos de pesquisa sediados principalmente em universidades públicas, exceto o grupo IEP-SCmed1 que está localizado no Hospital Santa Casa. Esses resultados corroboram o exposto anteriormente sobre a importância das universidades públicas, e dos hospitais universitários que abrigam, na geração de conhecimento e inovações no setor saúde.

Figura 3 – Rede organizada pela capacidade de intermediação entre seus atores (Betweenness)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq (2016) e Net Draw 6.0.

Em termos de números de organizações e suas localizações, é importante observar as estatísticas descritivas na Tabela 3. Essa tabela apresenta os seis tipos de organizações com os quais os grupos de pesquisa interagem, assim como sua localização. Há um destaque para as parcerias realizadas com as universidades, que representam aproximadamente 45% do total de interações. Ainda com relação ao papel das universidades, destaca-se o número de interações com universidades fora do estado de Minas Gerais e com universidades estrangeiras, que alcançou um número de 36 e 24 organizações, respectivamente, representando aproximadamente 79% do total das interações entre universidades. Esse resultado reforça a importância da troca de conhecimento entre os grupos de pesquisa e as universidades, tanto em âmbito nacional como internacional, para a área da saúde. Ressalta-se, mais uma vez, a influência das instituições públicas no processo de inovação para a área de saúde, com aproximadamente 22% do total das interações.

Com relação às firmas, essas corresponderam a 13% das interações, das quais mais de dois terços se concentraram dentro do estado de Minas Gerais. Em relação aos hospitais, esses representaram apenas 5% das interações, sendo que 60% dessas estão localizados na RMBH. Ressalta-se ainda que essas interações ocorrem principalmente com hospitais públicos¹. Entretanto, como destacado por Silva Neto *et al.* (2012), as interações dos grupos de pesquisa-hospitais estão subestimadas no Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP) do CNPQ. Isso ocorre porque os líderes dos grupos não informam interações, por exemplo, com os hospitais universitários das suas próprias universidades, pois para eles essa relação é condição de trabalho. Desse modo, essas cooperações não são captadas pelos Censos.

¹ Apenas um, dentre os hospitais analisados, não é associado ao sistema público de saúde (SUS).

Tabela 3 – Tipo e localização das organizações que interagem com os grupos de pesquisa da área da saúde em MG (2016)

Organizações	2016				Total
	RMBH	MG ¹	BR ²	Exterior	
Associações	1	3	1	1	6
Faculdades	4	9	3	0	16
Firmas	9	9	5	0	23
Hospitais	6	3	0	1	10
Instituições Públicas	12	12	9	4	37
Universidades	4	12	36	24	76

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/ CNPq.

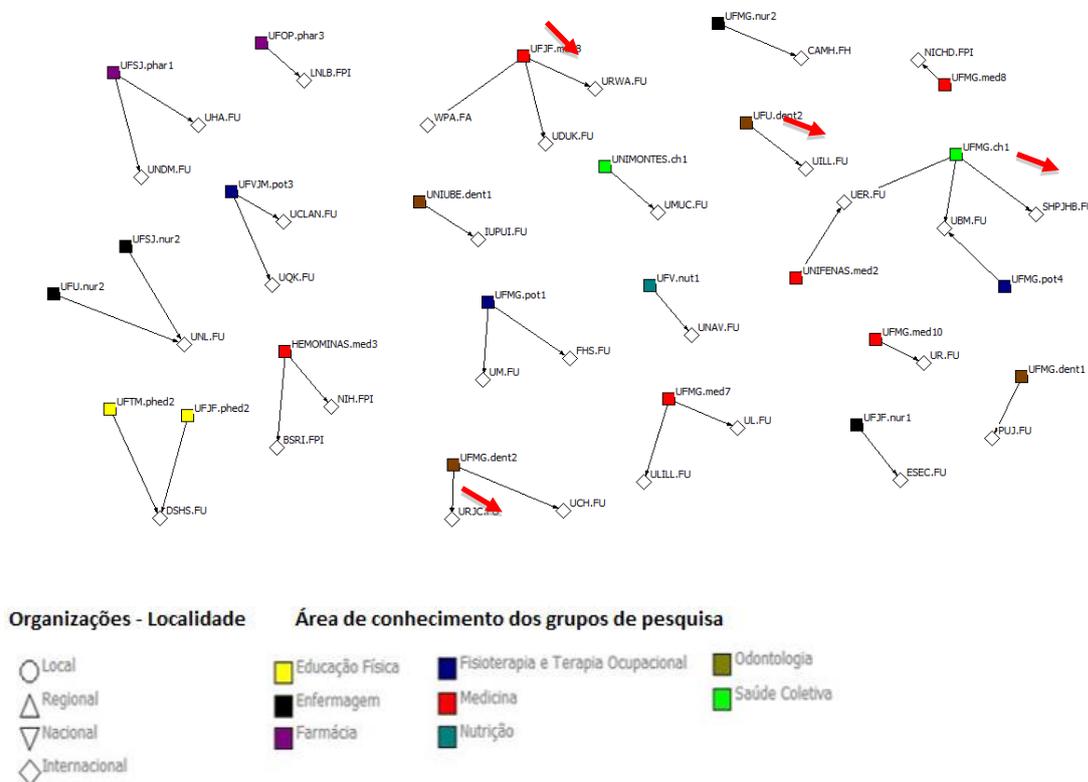
Nota: ¹ Exceto região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

² Exceto Minas Gerais (MG).

Em relação aos atores centrais da rede analisada, destaca-se ainda que o cálculo do “*optimize group centrality*”, o qual permite identificar os grupos de atores que possuem a maior centralidade na rede, destacou novamente o mesmo padrão de atores centrais: grupos de pesquisas de universidades públicas, localizados tanto na região metropolitana, quanto em outros municípios de MG, e grupos de pesquisas de universidades federais que abrigam hospitais universitários (UFMG, UFJF e UFU). Os grupos que se destacam por este indicador foram: UFJF.med10; UFJF.med8; UFMG.ch1; UFMG.dent2; UFMG.med13; UFTM.ch3; UFU.dent2; UFV.phed2; UFVJM.ch5 e UNIUBE.phar1.

No que diz respeito aos vínculos com o resto do mundo, grande parte dos atores que interagem são oriundos de universidades públicas (identificadas com U na sigla do parceiro). É possível observar melhor essa característica na Figura 4.

Figura 4 – Grupos de pesquisa de MG interativos, organizados por áreas de conhecimento da saúde e suas interações com organizações localizadas no exterior (2016)



Fonte: elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPQ (2016) e NET DRAW 6.0.

Os atores externos² são: universidades (24), perfazendo 80% das interações, instituições públicas (4), associações (1) e hospitais (1). Estão localizados principalmente em países da América do Norte e Europa, como: Canadá, Estados Unidos, Alemanha, Espanha, França, Holanda e Portugal. Podem ser caracterizadas como interações ‘academia-academia’ e geograficamente centradas na relação ‘sul/norte’. Os grupos nacionais que interagem com esses atores externos são, essencialmente, de universidades e instituições públicas, o que corrobora a exposição feita por Albuquerque e Cassiolato (2000) no que diz respeito às parcerias externas como interações visando à absorção e ampliação de conhecimentos.

² Alguns desses parceiros são: Boston University Medical Campus, Escola Superior de Enfermagem de Coimbra, Duke University, University of Illinois, Université de Montreal, Universidade Nova de Lisboa, Queen’s University at Kingston, Notre Dame of Maryland University e University of Maryland University College.

Ao comparar os resultados da Figura 4 com o resultado do indicador *Optimize Group Centrality*, que destaca os atores centrais, observa-se que, dos dez grupos de pesquisa centrais na rede, 4 estão conectados com atores externos, destacados pelas flechas vermelhas na Figura 4 (UFJF.med8; UFMG.ch1; UFMG.dent2 e UFU.dent2).

Por fim, são explorados os tipos de interações estabelecidas pelos grupos. As informações provenientes dos grupos de pesquisa, quando responderam ao censo de 2016, resultaram nas seguintes frequências de tipos de interação (Quadro 1).

Quadro 1 – Tipos de interações estabelecidas pelos atores das redes investigadas (2016)

Quantidade total de citações do tipo de interação	Frequência em 2016
1. Pesquisa científica sem considerações de uso imediato dos resultados	215
2. Pesquisa científica com considerações de uso imediato dos resultados	115
3. Outros tipos predominantes de relacionamento que não se enquadrem em nenhum dos anteriores.	24
4. Transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo para o parceiro	5
5. Outros tipos de interação (que tiveram menos de 5 citações) ³	11
Total	370

Fonte: elaboração própria a partir dos dados do DGP/ CNPq.

Dos 14 tipos de interações existentes, conforme tipologia definida pelo CNPq, quatro se destacam na rede de atores analisada. Os dois primeiros tipos do Quadro 1 ganham destaque e referem-se tanto à pesquisa sem considerações de uso imediato quanto às pesquisas de uso mais imediato. Considerando a importância das pesquisas científicas de uso não imediato e sua participação relativa no total de interações (58%), é possível relacionar o desenvolvimento das pesquisas no setor saúde com a ciência básica em Minas Gerais. Esses resultados

³ Outros tipos de interações, com frequência menor de 5 citações pelos grupos de pesquisa, em ordem decrescente pelo número de citações são: ‘atividade de consultoria técnica não englobadas em qualquer das categorias anteriores’; ‘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’; ‘fornecimento, pelo parceiro, de insumos materiais para as atividades de pesquisa do grupo sem vinculação a um projeto específico de interesse mútuo’; ‘fornecimento, pelo grupo, de insumos materiais para as atividades do parceiro sem vinculação a um projeto específico de interesse mútuo’; ‘treinamento de pessoal do parceiro pelo grupo, incluindo cursos e treinamento em serviço’ e ‘treinamento de pessoal do grupo pelo parceiro, incluindo cursos e treinamento em serviço’.

mostram que há fortes parcerias para geração de conhecimentos, entretanto, os dados sugerem que o estágio atual das pesquisas ainda não permite resultados passíveis de aplicação e podem ser um indicativo da baixa interação entre universidades-firmas⁴.

Outro tipo que se sobressai refere-se à transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo para o parceiro. É interessante observar que, pelos tipos de interações destacadas, a universidade, por meio dos seus grupos de pesquisa na área da saúde, interage com outras organizações não somente a partir do seu papel tradicional, de ensino, o qual poderia ser identificado pelas interações que visam ao treinamento de recursos humanos (ver nota de rodapé 16), mas pela atividade de consultoria (atividade de extensão da universidade), de transferência de conhecimento (pesquisa) e, também, para obtenção de recursos (por meio de insumos materiais) para a realização de suas atividades.

Ainda em relação aos tipos de interações, a troca de conhecimento entre as instituições e as universidades estrangeiras que os grupos de pesquisa em MG estabelecem são: ‘pesquisa científica sem considerações de uso imediato dos resultados’; ‘pesquisa científica com considerações de uso imediato dos resultados’ e ‘fornecimento, pelo grupo, de insumos materiais para as atividades do parceiro sem vinculação a um projeto específico de interesse mútuo’. De forma geral, observa-se um padrão semelhante aos tipos gerais de interações estabelecidas por toda a rede.

5. Conclusões

A partir da abordagem de sistemas de inovação, este trabalho explorou as redes de interações que se estabelecem entre as universidades/institutos de pesquisa, a partir de seus grupos de pesquisa, e outras organizações. Para tanto, foram usados dados do Diretório de Pesquisas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (DGP/CNPq) para o ano de 2016 e investigados a partir da Social Network Analysis (SNA).

⁴ Ao analisar o sistema de inovação de Minas Gerais, Rapini *et al.* (2009, p. 384) concluem que “*universities perform a dual role in their interactions with firms: they substitute for and they complement R&D done by firms.*” Nesta perspectiva, a natureza dessas interações carrega especificidades típicas de sistemas de inovação em países em desenvolvimento. Entretanto, o aprofundamento nesse tema foge ao escopo desse trabalho.

Primeiramente, observou-se as características relativas **aos grupos de pesquisa interativos**. Constatou-se que esses são de áreas de conhecimento diversas, mas com destaque para Medicina e Saúde Coletiva. São, em geral, de universidades localizadas dentro e fora da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), com destaque para UFMG e UFJF. Observou-se que não há um ator específico com destacada centralidade nas interações, indicando um alto grau da diversidade de interações, o que pode ser entendido como algo contribuinte para o processo de aprendizado dos atores. Ademais, os atores com mais alta centralidade na rede foram essencialmente grupos de pesquisa das universidades públicas e um grupo de pesquisa do ‘Grupo Santa Casa’, principalmente nas áreas de medicina, odontologia e saúde coletiva.

Em relação ao **número de interações**, identificou-se que este é muito baixo e as interações são dispersas nos diversos atores da rede, configurando uma densidade quase nula (0,3%), o que também foi identificado em outros estudos semelhantes para o caso do Rio Grande do Sul (Tatsch *et al.*, 2021a), para o caso brasileiro com especificidade para a área de conhecimento da medicina (Tatsch *et al.*, 2021b) e para a indústria biofarmacêutica (Alves *et al.*, 2019). Com isso, este artigo reforça uma característica que vem se mostrando comum – relações rarefeitas entre grupos de pesquisa e parceiros em geral – para a discussão do sistema de inovação da saúde no Brasil.

Os **tipos de interação** predominantes são, essencialmente, aqueles voltados para a realização de pesquisas científicas com ou sem considerações de uso imediato dos resultados, o que sugere que o desenvolvimento das pesquisas na área de saúde em Minas Gerais envolve o conhecimento proveniente da ciência básica, o que explica um padrão de interação mais voltado para a relação universidade-universidade e menos para a relação universidade-firmas.

Por fim, **quanto às organizações parceiras**, essas são de diversos tipos (associações, faculdades, firmas, hospitais, instituições públicas e universidades), com destaque para as universidades (45% dos atores parceiros), instituições públicas (22%) e firmas (13%). A maioria dos atores parceiros está localizada no Brasil (fora de MG) ou fora da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Quanto a esses dois últimos pontos, observa-se que as interações com o setor privado (empresas, hospitais e laboratórios) são escassas e o papel das universidades e instituições públicas é essencial para o processo de produção e

transferência de conhecimento no setor de saúde em Minas Gerais. Embora esse resultado seja semelhante ao encontrado para o Rio Grande do Sul por Tatsch *et al.* (2021a), destaca-se que em Minas Gerais a presença de firmas nas redes de interações é ainda menor, e são as instituições de pesquisa que aparecem em segundo lugar como organizações parceiras. Esses resultados corroboram também outros estudos que apontam para um grupo menor de conexões entre as universidades brasileiras e as firmas, como em Albuquerque e Cassiolato (2002), Silva Neto *et al.* (2012) e o de Alves *et al.* (2019), voltado à indústria biofarmacêutica.

Ainda com relação às organizações, identificou-se a interação com atores localizados no Brasil, em especial universidades e instituições públicas, e estrangeiros (associações, hospitais, instituições e universidades públicas), com destaque para as universidades (24 atores parceiros). Ressalta-se que, apesar do número expressivo de parcerias com universidades localizadas no exterior, o fluxo de informação e conhecimento ocorre majoritariamente em âmbito nacional. Destaca-se, ainda, o papel da UFMG nesse intercâmbio de conhecimento, como a principal instituição parceira.

Supõe-se que os vínculos com universidades estrangeiras realçam tanto a dependência da absorção de conhecimentos externos e a falta de infraestrutura tecnológica de ponta, como a capacidade dos pesquisadores de estabelecerem parcerias com pesquisadores de outras instituições, que pode ser fruto da qualidade das pesquisas nacionais. Embora esses aspectos só possam ser apreendidos em pesquisas específicas, os estudos internacionais que descrevem o processo inovativo na área da saúde humana, como Mina *et al.* (2007) e Nelson *et al.* (2011), mostram que as interações entre diversas instituições e países constituem o *modus operandi* das inovações nesse campo do conhecimento.

Apesar dessas fragilidades, de resto comuns aos países em desenvolvimento, deve-se destacar o papel da Fiocruz e do Butantan como atores centrais nas redes de interação na área de saúde. No caso de Minas Gerais, além da Fiocruz, a Funed tem importante papel, o que também foi verificado no estudo de Alves *et al.* (2019).

A importância da Fiocruz e do Butantan tem sido evidenciada na atual crise sanitária causada pela pandemia da Covid-19. Gadelha *et al.* (2021, p. 295) mostram que o Brasil se colocou no mercado global para a produção de uma vacina

nova, de forma simultânea a outros países inovadores, devido à “capacidade tecnológica da Fiocruz em biofármacos e do Butantan em vacinas virais, construída com base em tecnologias complexas”.

Para concluir, os elementos levantados pela metodologia de redes permitem identificar o Sistema de Inovação em Saúde de MG como um sistema que apresenta elementos importantes, como instituições de educação e pesquisa, grandes hospitais universitários e interações que extrapolam o local. Entretanto, as potenciais conexões, especialmente com o setor produtivo, não se estabelecem de modo a que se tenha um sistema, na verdadeira acepção do termo.

Entende-se que o trabalho contribui para a literatura de sistemas de inovação na área da saúde humana. A baixa interação entre universidades e setor produtivo no Brasil tem sido identificada em trabalhos mais voltados à análise do sistema nacional, como também em estudos mais específicos, em nível setorial ou local. O presente trabalho soma-se a estes esforços de pesquisa.

Para finalizar, vale ressaltar que há, a partir dos resultados encontrados, interessantes pontos a serem melhor investigados em estudos futuros, tais como: a relação entre universidade-hospitais, aparentemente subestimada no Censo utilizado; universidade-instituições públicas, uma vez que há a presença de importantes instituições, como a Fiocruz e Funed, que devem ser melhor qualificadas e investigadas; e universidade-empresas.

Referências

ABROL, D.; SUNDARARAMAN, T.; MADHAVAN, H.; JOSEPH, K. J. A criação de sistemas inclusivos de inovação em saúde: lições da Índia. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 32 Supl. 2, p. 1-10, 2016.

ALBUQUERQUE, E.; CASSIOLATO, J.E. As Especificidades do Sistema de Inovação no Setor Saúde: Uma Resenha da Literatura como Introdução a uma Discussão sobre o Caso Brasileiro. São Paulo: *FeSBE (Estudos FeSBE I)*, 2000.

ALBUQUERQUE, E. da M.; CASSIOLATO, J. E. As Especificidades do Sistema de Inovação do Setor Saúde. *Revista de Economia Política*, v. 22, n. 4 (88), 2022.

ALBUQUERQUE, E.M.; SIMÕES, R.; BAESSA, A.; CAMPOLINA, B.; SILVA, L. A Distribuição Espacial da Produção Científica e Tecnológica Brasileira: uma descrição de estatísticas de produção local de patentes e artigos científicos. *Revista Brasileira de Inovação*, vol. 1, n. 2, p. 225-251, 2002.

ALVES, N.; SZAPIRO, M.; VARGAS, M.; BRITTO, J. Innovation and capabilities building in biopharmaceuticals in Brazil: a knowledge network analysis. In: *IV Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação*, Campinas. Blucher Engineering Proceedings, v. 6, p. 636-650, 2019.

ALEJANDRO, V. A. O.; NORMAN, A. G. *Manual introdutório à análise de redes sociais: medidas de centralidade*. Mexico: Universidad Autonoma Del Estado de México, 2005.

BRITTO, J. Capacitação Científico-Tecnológica e Articulação Universidade-Indústria em Saúde: evidências para o estado de Minas Gerais. In: *XV Seminário sobre a Economia Mineira*, Diamantina: CEDEPLAR / UFMG, 2012.

CALIARI, T.; RAPINI, M. 'A Infraestrutura Científica em Saúde'. In: DE NEGRI, F.; SQUEEF, F. (Orgs.). *Sistemas Setoriais de Inovação e Infraestrutura de Pesquisa no Brasil*, pp. 115-168. IPEA: FINEP-CNPq: Brasília, 2016.

CASTELLACCI, F. Technological paradigms, regimes and trajectories: Manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation. *Research Policy*, v. 39, p. 1139-1158, 2008.

CGEE - Centro de Gestão de Estudos Estratégicos. 'Competências Para Inovar na indústria farmacêutica Brasileira', *CCGE*: Brasília, 2017.

CNPq. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Disponível em: <http://www.CNPq.br/>, 2016.

DE NEGRI, F. *Novos caminhos para a inovação no Brasil*. IPEA/INTERFARMA, 2018.

DJELLAL, F.; GALLOUJ, F. Mapping innovation dynamics in hospitals. *Research Policy*, n. 34, p. 817-835, 2005.

DUTTA, S.; REYNOSO, R. E.; WUNSCH-VINCENT, S.; LEÓN, L. R.; HARDMAN, C. Creating Healthy Lives - The Future of Medical Innovation. In: Cornell University, INSEAD, and WIPO (2019). *The Global Innovation Index 2019: Creating Healthy Lives - The Future of Medical Innovation*, Ithaca, Fontainebleau, and Geneva, 2019.

FALCÃO, D.; PARANHOS, J. As políticas de inovação para a indústria farmacêutica indiana pós 2005: uma análise sob a abordagem sistêmica da inovação. In: *V Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação (ENEI)*, 2021.

FRANÇOSO, M. S.; STRACHMAN, E. A indústria farmacêutica no Brasil e na Índia: um estudo comparativo. *Revista de Economia*, v. 39, n. 1, p. 91-112, 2013.

FREEMAN, C. The ‘National System of Innovation’ in Historical Perspective. *Cambridge Journal of Economics*, v. 19, p. 5-24, 1995.

GADELHA, C. A.; KAMIA, F. D.; MOREIRA, J. D. D.; MONTENEGRO, K. B. N.; SAFATLE, L. P.; NASCIMENTO, M. A. de C. Dinâmica global, impasses do SUS e o CEIS como saída estruturante da crise. *Cadernos do Desenvolvimento*. Rio de Janeiro, v. 16, n. 28, p. 281-302, 2021.

GELIJNS, A. C.; ROSENBERG, N. *The changing nature of medical technology development*. In: ROSENBERG, N.; GELIJNS, A. C.; DAWKINS, H. Sources of medical technology: universities and industry. Washington: National Academy Press, 1995.

HANLIN, R.; ANDERSEN, M. H. ‘Putting knowledge flows front and Centre in health systems strengthening’, *Innovation and Development*, v. 9, n. 2, p.1-19, 2019.

LUNDEVALL, B-Å. *National innovation systems: towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter, 1992.

MALERBA, F. Sectoral System of Innovation and Production. *Research Policy*, v.31, p.247–264, 2020.

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

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

MOWERY, D. C.; SAMPAT, B. N. *Universities in National Innovation Systems*. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.C.; NELSON, R. R. (Orgs.). The Oxford Handbook of innovation. Oxford: Oxford University Press, 2006.

NASCIMENTO, P. A. M. Áreas de maior especialização científica do Brasil e identificação de suas atuais instituições líderes. In: De Negri, F.; Squeff, F. (Ed.) *Sistemas Setoriais de Inovação e Infraestrutura de Pesquisa no Brasil*, p. 618-37. IPEA: FINEP-CNPq: Brasília, 2016.

NELSON, R. *National Innovation Systems: a comparative analysis*. Nova York: Oxford University, 1993.

NELSON, R. R.; BUTERBAUGH, K.; PERLB, M.; GELIJNS, A. How medical know-how progresses. *Research Policy*, n. 40, p. 1339-1344, 2011.

OLECHNICKA, A.; PLOSZAJ, A.; CELIŃSKA-JANOWICZ, D. *The Geography of Scientific Collaboration*. Londres: Routledge, 2019.

PARANHOS, J. *Interação entre empresas e instituições de Ciência e Tecnologia – o caso do sistema farmacêutico de inovação brasileiro*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2012.

PAVITT, K. Sectorial patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, n. 13, North-Holland, 1984.

PEIXOTO, F. A. Análise das Políticas Industriais Chinesas Pós 2003 e seus Reflexos Atuais. In: *Anais ... V Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação (ENEI)*, 2021.

RAPINI, M. S., CHAVES, C. V., ALBUQUERQUE, E. M., SILVA, L. A., SOUZA, S. G. A., RIGHI, H. M., CRUZ, W. M. S. University-industry interactions in an immature system of innovation: evidence from Minas Gerais, Brazil. *Science and Public Policy*, v. 36, p. 373-386, 2009.

RAPINI, M. S. Resenha do Livro 'Interação entre empresas e instituições de Ciência e Tecnologia – o caso do sistema farmacêutico de inovação brasileiro'. *Revista Brasileira de Inovação*. Campinas, n. 13, v. 1, p. 225-230, 2014.

RAMLOGAN, R.; MINA, A.; TAMPUBOLON, G.; METCALFE, J.S. Networks of knowledge: The distributed nature of medical innovation. *Scientometrics*, v. 70, n. 2, p. 459-89, 2007.

RONCAGLIA, A.; GALA, P. *Brasil, uma economia que não aprende: novas perspectivas para entender nosso fracasso*. 1ª ed. São Paulo: Edição do Autor, 2020.

SILVA NETO, F. C. C. *et al.* Abordando os grupos de pesquisa sobre sua relação com as instituições: uma avaliação por área específica de conhecimento. In: XV Seminário sobre a Economia Mineira, Diamantina: Cedeplar/UFMG, 2012.

SCOTT, J. *Social network analysis: a handbook*. 2º ed. London: Sage Publications, 2000.

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

SZAPIRO, M.; MATOS, M.; CASSIOLATO, J. E. Sistemas de Inovação e Desenvolvimento. In: RAPINI, M. S.; RUFFONI, J.; SILVA, L.; ALBUQUERQUE, E. M. (Orgs.). *Economia da ciência, tecnologia e inovação: Fundamentos teóricos e a economia global*. 2ª ed. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, v. 1, p. 704, 2021.

TATSCH, A. L. RUFFONI, J.; BOTELHO, M.; STEFANI, R. Redes de interação na área da saúde humana. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 20, 2021a.

TATSCH, A. L.; RUFFONI, J.; BOTELHO, M.; STEFANI, R. Rede de interações na área da saúde no Brasil: quem são os atores-chave nos fluxos de geração e difusão de conhecimentos? In: V Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação (ENEI), 2021b.

VELÁSQUEZ, A. O. A.; AGUILAR, G. N. *Manual introdutório à análise de redes sociais: Medidas de Centralidade - Exemplos práticos com UCINET 6.109 e NetDraw 2.28*. México: Universidad Autónoma del Estado de México, 2005.

WINDRUM, P.; GARCÍA-GOÑI, M. A neo-schumpeterian model of health services innovation. *Research Policy*, v. 37, p. 649-672, 2008.