



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO  
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

**GLAUCIA BARBOSA E SILVA**

**REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA:  
O CASO DA FIOCRUZ PERNAMBUCO**

Salvador  
2018

**GLAUCIA BARBOSA E SILVA**

**REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA:  
O CASO DA FIOCRUZ PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Administração, Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. Dr. João Martins Tude

Coorientadora: Dra. Bruna de Paula Fonseca e  
Fonseca

Salvador  
2018

Escola de Administração - UFBA

S586 Silva, Glaucia Barbosa e.  
Redes de colaboração científica: o caso da Fiocruz Pernambuco /  
Glaucia Barbosa e Silva. – 2018.  
146 f.

Orientador: Prof. Dr. João Martins Tude.

Coorientadora: Profa. Dra. Bruna de Paula Fonseca e Fonseca.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Escola de  
Administração, Salvador, 2018.

1. FIOCRUZ Pernambuco – Redes sociais. 2. Pesquisadores – Redes  
sociais. 3. Comunicação na ciência -. Pesquisa. I. Universidade Federal da  
Bahia. Escola de Administração. II. Título.

CDD – 378.155

**GLAUCIA BARBOSA E SILVA**

**REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA:**

**O CASO DA FIOCRUZ PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Administração, Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de 2018.

João Martins Tude – Orientador \_\_\_\_\_

Doutor em Administração pela Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, Brasil  
Universidade Federal da Bahia

Bruna de Paula Fonseca e Fonseca – Coorientadora \_\_\_\_\_

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Rio de Janeiro-RJ, Brasil  
Fundação Oswaldo Cruz

Denise Ribeiro de Almeida \_\_\_\_\_

Doutora em Administração pela Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, Brasil  
Universidade Federal da Bahia

A minha pequena Manuela,  
que tem me ensinado todos os dias o verdadeiro significado do amor.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, do fundo do meu coração, a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para que eu vencesse essa etapa.

Aos incentivos de Jô e Andrea, sem os quais eu certamente não teria tentado a seleção para este mestrado;

A Penha e Mércia pela ajuda na elaboração do meu projeto de pesquisa – obrigada!;

À Fiocruz pela oportunidade de participar de uma qualificação tão importante para a minha formação e para o desenvolvimento dos servidores da área da gestão;

Aos amigos de curso, que tornaram todo o processo muito agradável e prazeroso: Andrea, Andrey, Antônio, Clarissa, Dulce, Fabi, Flavinha, Gilberto, Leoni, Manu, Patrícia, Rebeqa, Valdir e Raíssa, minha companheira de aventuras em Salvador. Agradeço, verdadeiramente, a oportunidade de tê-los conhecido;

Aos meus professores que foram verdadeiros instrumentos de aprendizagem, em especial à Denise Ribeiro, a quem admiro muito, pelas contribuições que fez à minha dissertação e por todas as palavras de incentivo;

A Gil de Maria, minha amiga e tutora, que me ajudou na elaboração dessa dissertação, lendo e relendo as diversas versões que apresentei. Amiga, muito obrigada! Sem ti eu realmente não teria conseguido;

A Dra. Bruna Fonseca, que aceitou me coorientar, me ensinou tudo o que sei sobre ARS e foi sempre muito amável comigo. Bruna, espero um dia poder retribuir todo o bem que você me fez. Obrigada!;

Ao Prof. Tude, meu orientador, por toda atenção e apoio na elaboração da minha dissertação, pela paciência, disponibilidade e por ter me dado liberdade para criar. Muito obrigada!;

A Rodrigo, meu companheiro de vida, pelo suporte de sempre, por me dar asas, por me dar conforto, por estar ao meu lado e por ser tão compreensivo quanto às minhas escolhas, mesmo quando elas nos trazem algumas renúncias. Obrigada!;

Aos meus pais, Djanira e Berilo, por terem me dado todas as oportunidades que me permitiram estar hoje aqui. Eu amo vocês!

SILVA, Glaucia Barbosa e. **Redes de colaboração científica: o caso da Fiocruz Pernambuco**. 146 f. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional) – Núcleo de Pós-Graduação, Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

## RESUMO

A colaboração tornou-se um aspecto crítico na pesquisa científica, atualmente dominada por problemas cada vez mais complexos, tecnologias em contínuo aperfeiçoamento e crescimento e especialização das áreas do conhecimento. Assim, os pesquisadores precisam interagir entre si a fim de reunir os conhecimentos e recursos necessários para resolver as questões apresentadas à ciência. Em meio a esse contexto, o presente trabalho propõe a Análise de Redes Sociais (ARS) das colaborações científicas da Fiocruz Pernambuco para compreender como estas contribuem para o desenvolvimento da pesquisa na instituição. Para tanto, a dissertação descreve as redes de colaboração científica da instituição dos últimos dez anos (2008-2017), com base em dados de coautoria de publicações científicas extraídas da plataforma *Web of Science* (WoS). O mapeamento das redes de colaboração científica permitiu a identificação dos pesquisadores mais centrais, principais organizações parceiras, padrão de colaboração da Fiocruz Pernambuco, áreas de atuação predominantes, possíveis estruturas frágeis na rede e potenciais focos de intervenção. Além disso, foram realizadas entrevistas com gestores e pesquisadores centrais da instituição, com o objetivo de entender o fenômeno sob a perspectiva desses atores-chave. A análise dos dados levou à compreensão da dinâmica das redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, que se refletiram em propostas de ação para promoção da pesquisa institucional. Esses resultados fornecem informações quantitativas e qualitativas estratégicas à organização, que podem subsidiar a tomada de decisões e contribuir para o fortalecimento do planejamento, avaliação e gestão da pesquisa na Fiocruz Pernambuco.

Palavras-chave: colaboração científica, análise de redes sociais, Fiocruz Pernambuco.

SILVA, Glaucia Barbosa e. **Scientific collaboration networks: the Fiocruz Pernambuco case.** 146 f. 2018. Dissertation (Master Degree) – Núcleo de Pós-Graduação, Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

## **ABSTRACT**

Collaboration has become a critical aspect of scientific research, nowadays dominated by increasingly complex problems, continually improving Technologies and growing and specializing knowledge areas. Thus, researchers need to interact with each other in order to gather the knowledge and resources needed to solve the issues presented to science. In this context, the present work proposes a Social Network Analysis (SNA) of scientific collaborations of Fiocruz Pernambuco to understand how these contribute to the development of the research in the institution. Therefore, the dissertation describes the scientific collaboration networks of the institution of the last ten years (2008-2017), based on coauthor data of scientific publications extracted from the Web of Science (WoS). The mapping of the scientific collaboration networks allowed the identification of the most central researchers, main partner organizations, collaboration standard of Fiocruz Pernambuco, prevailing areas of activity, possible fragile structures in the network and potential intervention focus. In addition, interviews were conducted with managers and central researchers of the institution, with the objective of understanding the phenomenon from the perspective of these key actors. The data analysis led to an understanding of the dynamics of Fiocruz Pernambuco's scientific collaboration networks, which were reflected in proposals for action to promote institutional research. These results provide strategic quantitative and qualitative information to the organization, which can support decision making and contribute to the strengthening of planning, evaluation and research management at Fiocruz Pernambuco.

**Keywords:** scientific collaboration, social networks analysis, Fiocruz Pernambuco.



## LISTA DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 1</b> – Principais motivações para as colaborações científicas.....   | 29  |
| <b>Figura 2</b> – Representação de uma rede .....   | 37  |
| <b>Figura 3</b> – Pontes de Königsberg .....  | 38  |
| <b>Figura 4</b> – Linha do tempo dos principais estudos relacionados à teoria de redes ..   | 44  |
| <b>Figura 5</b> – Representação de rede com dois componentes .....  | 49  |
| <b>Figura 6</b> – Representação de rede com seis nós .....  | 50  |
| <b>Figura 7</b> – Rede Estrela.....   | 52  |
| <b>Figura 8</b> – Representação de rede com três comunidades .....  | 54  |
| <b>Figura 9</b> – Redes institucionais de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, por quinquênio.....   | 87  |
| <b>Figura 10</b> – Rede institucional de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 .....                                      | 92  |
| <b>Figura 11</b> – Mapa das colaborações internacionais da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 .....  | 95  |
| <b>Figura 12</b> – Rede de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco com instituições nacionais, classificadas por tipo, período 2008-2017 ..... | 97  |
| <b>Figura 13</b> – Rede de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco com as demais Unidades da Fiocruz, período 2008-2017 .....                  | 98  |
| <b>Figura 14</b> – Rede autoral de colaboração científica Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 .....   | 101 |
| <b>Figura 15</b> – Rede interna de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 .....  | 106 |
| <b>Figura 16</b> – Redes de áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco, por quinquênio .....   | 111 |
| <b>Figura 17</b> – Rede de áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 .....   | 115 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Gráfico 1</b> – Número de artigos publicados pela Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 ..... | 84 |
|--|----|

## LISTA DE QUADROS

|   |     |
|---|-----|
| <b>Quadro 1</b> – Conceitos fundamentais da ARS .....   | 47  |
| <b>Quadro 2</b> – Quadro resumido das principais métricas de ARS .....  | 55  |
| <b>Quadro 3</b> – Resumo do mapeamento de redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco .....                   | 67  |
| <b>Quadro 4</b> – Classificação das instituições segundo a atividade principal .....                                    | 69  |
| <b>Quadro 5</b> – Resumo dos indicadores de avaliação das redes de colaboração científica .....                         | 73  |
| <b>Quadro 6</b> – Identidade organizacional da Fiocruz Pernambuco .....   | 77  |
| <b>Quadro 7</b> – Tecnologias desenvolvidas pela Fiocruz Pernambuco .....   | 80  |
| <b>Quadro 8</b> – Enquadramento funcional dos principais pesquisadores da Fiocruz Pernambuco no período 2008-2017 ..... | 105 |
| <b>Quadro 9</b> – Comparação entre os pesquisadores mais centrais da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 .....        | 109 |

## LISTA DE TABELAS

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabela 1</b> – Distribuição dos tipos de publicação científica da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 .....  | 85  |
| <b>Tabela 2</b> – Principais periódicos das publicações científicas da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 .....  | 85  |
| <b>Tabela 3</b> – Principais métricas das redes institucionais de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco por período .....  | 89  |
| <b>Tabela 4</b> – Principais instituições parceiras da Fiocruz Pernambuco por período ....  | 90  |
| <b>Tabela 5</b> – Nacionalidade das instituições parceiras da Fiocruz Pernambuco por período .....  | 91  |
| <b>Tabela 6</b> – Principais instituições parceiras da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 .....  | 93  |
| <b>Tabela 7</b> – Principais países parceiros nas colaborações científicas internacionais da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 .....  | 94  |
| <b>Tabela 8</b> – Países parceiros da Fiocruz Pernambuco na América Latina, período 2008-2017 .....   | 96  |
| <b>Tabela 9</b> – Tipos de instituições nacionais parceiras da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 .....  | 98  |
| <b>Tabela 10</b> – Quantitativo de colaborações da Fiocruz Pernambuco com as demais Unidades da Fiocruz, período 2008-2017 .....  | 99  |
| <b>Tabela 11</b> – Principais áreas de pesquisa na colaboração entre a Fiocruz Pernambuco e a Fiocruz RJ, BA e MG .....   | 100 |
| <b>Tabela 12</b> – Principais pesquisadores da Fiocruz Pernambuco, baseado na centralidade de grau, centralidade de intermediação e produtividade, período 2008-2017 .....                                | 103 |
| <b>Tabela 13</b> – Pesquisadores mais importantes da rede interna de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, segundo as medidas de centralidade de grau e de intermediação, período 2008-2017 ..... | 107 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabela 14</b> – Principais métricas das redes de áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco por período.....               | 113 |
| <b>Tabela 15</b> – Áreas de pesquisa mais centrais da Fiocruz Pernambuco, por período .....                                | 114 |
| <b>Tabela 16</b> – Áreas de pesquisa em que a Fiocruz Pernambuco mais publicou nos períodos de 2008-2012 e 2013-2017 ..... | 114 |
| <b>Tabela 17</b> – Principais métricas da rede de áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017.....          | 116 |
| <b>Tabela 18</b> – Áreas de pesquisa mais centrais da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017 .....                          | 116 |
| <b>Tabela 19</b> – Principais áreas de pesquisa das publicações científica da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017.....   | 117 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|            |  |
|------------|--|
| AACD       | Associação de Assistência à Criança Deficiente                               |
| ARS        | Análise de Redes Sociais   |
| C&T        | Ciência e Tecnologia   |
| CT&I       | Ciência, Tecnologia e Inovação   |
| CD/Fiocruz | Conselho Deliberativo da Fiocruz   |
| CDTS       | Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Saúde                               |
| CEP        | Comitê de Ética em Pesquisa  |
| COLLNET    | Collaboration in Science and in Technology                                   |
| CNPq       | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico                |
| COPPE/UFRJ | Programa de Engenharia da Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro |
| DTN        | Doenças Tropicais Negligenciadas   |
| ENSP       | Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca                               |
| ESPII      | Emergência em Saúde Pública de Importância Internacional                     |
| ESPIN      | Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional                          |
| FAV        | Fundação Altino Ventura  |
| Fiocruz    | Fundação Oswaldo Cruz  |
| IAM        | Instituto Aggeu Magalhães  |
| IOC        | Instituto Oswaldo Cruz   |
| IMIP       | Instituto de Medicina Integral Professor Fernandes Figueira                  |
| LSHTM/UK   | London School of Hygiene and Tropical Medicine/United Kingdom                |
| Mercosul   | Mercado Comum do Sul   |
| MERG       | Microcephaly Epidemic Research Group   |
| NPT        | Núcleo de Plataformas Tecnológicas   |
| OMS        | Organização Mundial de Saúde   |

|        |   |
|--------|---|
| P&D    | Pesquisa e Desenvolvimento                  |
| PD&I   | Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação        |
| RAIC   | Reunião Anual de Iniciação Científica       |
| SES/PE | Secretaria de Saúde do Estado de Pernambuco |
| SUS    | Sistema Único de Saúde                      |
| TIC    | Tecnologias de Comunicação e Informação     |
| UFBA   | Universidade Federal da Bahia               |
| UFGO   | Universidade Federal de Goiás               |
| UFPE   | Universidade Federal de Pernambuco          |
| UFRJ   | Universidade Federal do Rio de Janeiro      |
| UFRPE  | Universidade Federal Rural de Pernambuco    |
| UPE    | Universidade de Pernambuco                  |
| USP    | Universidade de São Paulo                   |
| WoS    | Web of Science                              |

## SUMÁRIO

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 1.     | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | 16  |
| 2.     | <b>A COLABORAÇÃO NA PRODUÇÃO E DISSEMINAÇÃO DO CONHECIMENTO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (CT&amp;I)</b> .....                           | 21  |
| 2.1.   | COLABORAÇÃO CIENTÍFICA .....   | 21  |
| 2.1.1. | <b>Fatores que influenciam a colaboração científica</b> .....  | 24  |
| 2.1.2. | <b>Riscos e benefícios da colaboração científica</b> .....   | 29  |
| 2.1.3. | <b>Coautoria na produção científica</b> .....  | 32  |
| 3.     | <b>REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA</b> .....   | 35  |
| 3.1.   | TEORIA DE REDES .....  | 37  |
| 3.2.   | ANÁLISE DE REDES SOCIAIS (ARS) .....   | 44  |
| 3.2.1. | <b>ARS como instrumento para gestão de CT&amp;I</b> .....  | 56  |
| 4.     | <b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....   | 61  |
| 4.1.   | INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DAS REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA .....   | 65  |
| 5.     | <b>AS REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA DA FIOCRUZ PERNAMBUCO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA NA INSTITUIÇÃO</b> ..... | 76  |
| 5.1.   | CARACTERIZAÇÃO INSTITUCIONAL .....   | 76  |
| 5.2.   | A PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA FIOCRUZ PERNAMBUCO: MAPEANDO O CAMPO E DOS DADOS .....  | 81  |
| 5.3.   | REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA DA FIOCRUZ PERNAMBUCO: PARCERIAS INSTITUCIONAIS .....  | 86  |
| 5.4.   | REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA DOS PESQUISADORES DA FIOCRUZ PERNAMBUCO: INFLUÊNCIA E CENTRALIDADE .....                                     | 100 |
| 5.5.   | ÁREAS DE PESQUISA DA FIOCRUZ PERNAMBUCO .....  | 110 |
| 5.6.   | ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE COLABORAÇÃO .....   | 117 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 6. | <b>AS REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA DA FIOCRUZ PERNAMBUCO<br/>E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA<br/>NA INSTITUIÇÃO.....</b> | 119 |
| 7. | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>   | 135 |
|    | <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | 140 |



## 1. INTRODUÇÃO

A informação e o conhecimento possuem um papel estratégico nas organizações que necessitam inovar permanentemente para atender a demandas cada vez mais variadas no mundo em constante transformação. Como o conhecimento está disseminado por diversas instituições, as colaborações tornam-se fundamentais para a inovação contínua, indispensável para a competitividade organizacional (POWELL; KOPUT; SMITH-DOERR, 1996).

Também nesse contexto, a ciência está dominada por problemas cada vez mais complexos, dependente de tecnologias em contínuo aperfeiçoamento e permeada por áreas do conhecimento em constante crescimento e especialização. Assim, dificilmente um pesquisador consegue fornecer, individualmente, todos os conhecimentos e recursos necessários para resolver as questões apresentadas à ciência, o que torna a colaboração um aspecto crítico na pesquisa científica (HARA et al., 2003).

Portanto, a colaboração ganha importância na pesquisa porque auxilia a resolução de problemas complexos (SONNENWALD, 2007) que exigem abordagens multidisciplinares para criar soluções (FONSECA, 2015). Dessa forma, as redes de colaboração científica tornam-se uma característica atual e relevante de instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), e podem ser consideradas uma poderosa ferramenta para o desenvolvimento da pesquisa.

Segundo Vanz e Stumpf (2010), estudos sobre a colaboração científica no Brasil permitem avançar no conhecimento do fenômeno que ocorre na comunidade científica e podem auxiliar na definição e direcionamento de políticas mais adequadas para a área, considerando-se a realidade nacional. Além disso, o advento de novos desafios e objetivos para a ciência e a transformação constante dos contextos em que ela ocorre exigem novas estratégias de colaboração, o que torna importante a continuidade e expansão de pesquisas nesse campo (SONNENWALD, 2007).

Desse modo, esta dissertação, fruto de Mestrado Profissional em Administração<sup>1</sup>, propõe o estudo das redes de colaboração científica da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Unidade Pernambuco, como forma de fornecer informações

---

<sup>1</sup> O Mestrado Profissional em Administração foi oferecido aos servidores da Fiocruz lotados nos estados da Bahia e Pernambuco, resultado de uma parceria entre a instituição e a Universidade Federal da Bahia (UFBA).

estratégicas que possam contribuir para o aumento do seu desempenho em pesquisa, enquanto instituição de CT&I em saúde. A Fiocruz é uma instituição pública estratégica de Estado, voltada para o fortalecimento e consolidação do Sistema Único de Saúde (SUS), a promoção da saúde e da qualidade de vida da população brasileira, a redução das desigualdades sociais e a dinâmica nacional de inovação, por meio da pesquisa, educação, produção, atenção e assistência à saúde (FIOCRUZ, 2014).

Para atender ao que se propõe, a Fiocruz estabelece como uma de suas diretrizes a constituição de redes internas e externas de colaboração científica, envolvendo suas diversas áreas e outras instituições (FIOCRUZ, 2018c), permitindo a combinação de diferentes conhecimentos e competências para resolver problemas complexos (KATZ; MARTIN, 1997). Essas parcerias, além de promover o intercâmbio de informações, conhecimentos e tecnologias (KATZ; MARTIN, 1997), podem proporcionar acesso a recursos – inclusive financeiros – para a realização de pesquisas (HARA et al., 2003; VANZ; STUMPF, 2010; WAGNER; LEYDESDORFF, 2005; SONNENWALD, 2007; KATZ; MARTIN, 1997), ampliar a produção científica (DE SOLLA PRICE; BEAVER, 1966) e auxiliar o desenvolvimento tecnológico (SONNENWALD, 2007).

A fim de compreender a dinâmica das redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, este trabalho buscou responder à seguinte questão: *Como as redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco contribuem para o desenvolvimento da pesquisa na instituição?*

O presente estudo partiu dos seguintes pressupostos, que direcionaram a realização da pesquisa:

- A colaboração científica favorece uma maior produção científica dos pesquisadores (DE SOLLA PRICE; BEAVER, 1966) e amplia a atuação institucional em diferentes áreas de pesquisa, uma vez que reúne conhecimentos de diferentes parceiros em torno de problemas complexos apresentados à ciência (KATZ; MARTIN, 1997);
- O conhecimento da dimensão e da dinâmica das redes de colaboração estabelecidas fornece subsídios que podem auxiliar a gestão da pesquisa científica institucional (CAMPOS et al., 2017; FONSECA; ZICKER, 2016; VASCONCELLOS; MOREL, 2012).

O objetivo geral desta dissertação é investigar como as redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco contribuem para o desenvolvimento da pesquisa na instituição. Para realizar o que propõe, a pesquisa foi desenvolvida abrangendo como período os últimos dez anos (2008 a 2017), de forma a ter acesso a um cenário mais recente e atual, e contou com os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar a evolução da colaboração científica institucional ao longo dos anos, por meio das publicações científicas em coautoria;
- b) Identificar, mapear e caracterizar as redes de colaboração científica da instituição;
- c) Caracterizar o conjunto de áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco e suas relações na produção do conhecimento;
- d) Analisar a percepção de pesquisadores e gestores acerca da colaboração científica e seu papel para o desenvolvimento da pesquisa na instituição.

O trabalho desenvolveu-se a partir da Análise de Redes Sociais (ARS) das colaborações científicas da Fiocruz Pernambuco, método permite a visualização de padrões de organização e configuração de relações estabelecidas entre indivíduos e/ou instituições. Assim, a ARS configura-se como uma ferramenta útil por meio da qual é possível ampliar a compreensão acerca da dinâmica dos grupos de pesquisadores e sua relação com a produção científica, e analisar suas contribuições para o desenvolvimento da pesquisa.

O mapeamento das redes de colaboração científica, realizada tanto em nível institucional quanto individual (pesquisadores), foi baseado nos dados relativos à coautoria de publicações científicas, e possibilitou a identificação do perfil de colaboração da Fiocruz Pernambuco, posições dos pesquisadores na rede e seus papéis na pesquisa realizada na instituição, principais parceiros, principais áreas de atuação, possíveis estruturas frágeis na rede e potenciais focos para intervenção. Além do mapeamento das redes, foram realizadas entrevistas para compreender o fenômeno da colaboração científica interna e suas contribuições para o desenvolvimento da pesquisa na instituição, sob a perspectiva de pesquisadores e gestores da organização.

O resultado da análise realizada nesta dissertação fornece informações quantitativas e qualitativas aos gestores da Fiocruz Pernambuco, visando a orientar ações e subsidiar decisões estratégicas na instituição. Ademais, a compreensão da

dinâmica das redes de colaboração e como elas influenciam o desenvolvimento da pesquisa contribuem para o conhecimento mais aprofundado acerca da produção científica e áreas de atuação da Fiocruz Pernambuco, bem como para a compreensão de processos de geração e difusão do conhecimento na instituição.

Nesse sentido, o estudo é relevante, pois fornece dados e evidências que auxiliam a tomada de decisões e formulações de estratégias para área. O trabalho também pode contribuir para o fortalecimento e ampliação da capacidade de planejamento, gestão e avaliação da pesquisa na Fiocruz Pernambuco, apoiando a promoção de intervenções que estimulem a geração de conhecimento.

No campo da ciência de redes, o trabalho contribui para a compreensão de como as redes sociais podem influenciar o desempenho de organizações voltadas para a pesquisa científica, além de demonstrar como a ARS pode se configurar numa ferramenta de apoio à gestão organizacional.

É importante esclarecer que esta dissertação não pretendeu discutir em profundidade a gestão da pesquisa no âmbito da Fiocruz Pernambuco, embora o estudo realizado apresente subsídios que contribuem para a formulação e o planejamento de modelos de gestão. Além disso, apesar de apresentar dados relevantes sobre os cientistas da instituição, esse estudo não almejou avaliar o desempenho dos pesquisadores, pois considera-se que uma avaliação centrada exclusivamente no aspecto quantitativo da produção científica não é suficiente para auferir o desempenho real dos pesquisadores.

Para atender aos objetivos da dissertação, fez-se necessário realizar uma revisão bibliográfica sobre colaboração científica no processo de produção e disseminação do conhecimento em CT&I. Na pesquisa sobre o tema, a prioridade foi buscar as principais referências no assunto, abrangendo inclusive aquelas que, embora antigas, permanecem atuais. Este referencial, abordado no segundo capítulo, contextualizou e deu amparo a todo o estudo realizado.

A escolha da ARS como meio para a avaliação das redes de colaboração, tornou imperioso um estudo sobre o instrumento, apresentado no terceiro capítulo. No capítulo seguinte, estão descritos os procedimentos metodológicos que nortearam esta dissertação, incluindo a descrição dos indicadores adotados na pesquisa para o estudo das redes de colaboração científica e, na sequência, uma discussão sobre os

procedimentos que tornaram a ARS o instrumento adequado para responder aos objetivos desta pesquisa.

O quinto capítulo apresenta os resultados dos indicadores aplicados para a avaliação das redes de colaboração científica, à luz da revisão de literatura realizada e das informações obtidas nas entrevistas. O capítulo é iniciado com a caracterização da Fiocruz Pernambuco, unidade de análise desta pesquisa. A clareza quanto à identidade organizacional (missão, visão, valores) e sua atuação na área de CT&I em saúde foi fundamental para compreensão do contexto em que as redes de colaboração se encontram e a análise dos resultados encontrados, que é apresentado na discussão do sexto capítulo.

O último capítulo conclui o trabalho, respondendo aos objetivos propostos nesta pesquisa, bem como à pergunta de partida, resume as principais contribuições da dissertação e traz recomendações para futuros estudos.

## **2. A COLABORAÇÃO NA PRODUÇÃO E DISSEMINAÇÃO DO CONHECIMENTO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (CT&I)**

A compreensão da produção do conhecimento científico exige observância da forma como os cientistas se comportam, se relacionam e transmitem informações uns aos outros (VANZ; STUMPF, 2010). A informação é útil e crucial para o processo de desenvolvimento científico e tecnológico uma vez que permite a criação de novos conhecimentos (LATOURET; WOOLGAR, 1997). Nesse contexto, a comunicação científica assume um papel fundamental, pois viabiliza o compartilhamento de resultados de pesquisas, que serão avaliados e reconhecidos pelos pares e utilizados em outros estudos (BRITO et al., 2016). Os principais meios de comunicação científica são as publicações em periódicos científicos, livros, relatórios, entre outros, que se constituem também em produtos da pesquisa científica.

Alto nível de produtividade na pesquisa tem sido fundamental nas carreiras científicas, pois proporciona maior visibilidade e eleva as oportunidades de financiamento e retornos, o que motiva a continuidade das atividades de pesquisas (LI; LIAO; YEN, 2013). A colaboração na ciência é uma prática que contribui para o aumento da produtividade, por meio da ampliação do escopo de atuação dos pesquisadores, ao permitir a combinação de diferentes conhecimentos e recursos nos estudos desenvolvidos.

### **2.1. COLABORAÇÃO CIENTÍFICA**

Um estudo publicado na Revista Science em 2007 (WUCHTY; JONES; UZZY, 2007) demonstrou, por meio da análise da coautoria de quase 20 milhões de artigos científicos publicados ao longo de cinco décadas e do registro de mais de dois milhões de patentes, que o trabalho em equipe, domina cada vez mais a produção do conhecimento, apresentando uma tendência de crescimento em publicações e patentes em quase todos os campos do saber. Esse trabalho em equipe é o que se chama de colaboração científica, que pode ser evidenciada em grupos de pesquisa, artigos e desenvolvimento de tecnologias em coautoria, projetos de pesquisa interinstitucionais, convênios e cooperações técnicas, entre outros. Portanto, pode-se afirmar que a colaboração científica representa uma forte realidade na ciência em geral.

Num contexto em que a ciência se ocupa com problemas cada vez mais

complexos, as tecnologias vivem em constante aperfeiçoamento e as áreas do conhecimento crescem e se tornam mais especializadas, pesquisadores dificilmente conseguem, individualmente, fornecer todos os conhecimentos e recursos necessários para resolver as questões apresentadas à ciência, o que torna fundamental a interação com outros pesquisadores (HARA, et al., 2003). Esse fato, presente no dia a dia dos cientistas, pode ser mais facilmente observado em grandes projetos de pesquisa, como o Genoma Humano (VELHO, 2010), que exigem o envolvimento de equipes internacionais, contando com o apoio de instalações, dados e recursos robustos (ADAMS, 2012).

A colaboração assume, portanto, um papel crucial na pesquisa científica. Além disso, quando envolve variados pontos de vista, compromisso prolongado e verdadeiro com a ideia de outros cientistas, além de familiaridade e respeito mútuo pelas diferentes áreas de conhecimento, o processo colaborativo compreende dinâmicas associadas à inovação (CREAMER, 2004).

Sob essa percepção, pode-se afirmar que o avanço da Ciência depende da colaboração entre os cientistas voltada para a pesquisa e que, portanto, a compreensão da produção e do uso do conhecimento científico exige observância da forma como os cientistas interagem entre si (VANZ; STUMPF, 2010).

Devido a sua importância para o desenvolvimento da ciência, a colaboração tem sido amplamente estudada nas últimas décadas, gerando artigos importantes na área e com alto número de citações (POWELL; KOPUT; SMITH-DOERR, 1996; KATZ; MARTIN, 1997; WUCHTY; JONES; UZZY, 2007; SONNENWALD, 2007; HARA et al., 2003). Nesta pesquisa sobre o tema, a prioridade foi buscar as principais referências no assunto que, embora antigas, permanecem atuais.

O conceito de colaboração é abrangente, envolvendo a ideia de ajuda, cooperação, participação numa obra, porém, no que diz respeito à colaboração científica, não há consenso sobre como e quando considerar a colaboração prestada por outra pessoa, uma vez que essa concepção varia conforme a área do conhecimento e percepção pessoal dos cientistas (VANZ; STUMPF, 2010). Apesar da dificuldade em se definir a colaboração científica, alguns estudiosos apresentaram considerações sobre o tema.

Para Katz e Martin (1997, p. 7, tradução nossa), a colaboração científica é o

“trabalho conjunto de pesquisadores para atingir um objetivo comum de produzir novos conhecimentos científicos”. Os autores consideram colaboradores os indivíduos que trabalham juntos durante o projeto ou em parte significativa dele; os que fazem frequentes ou consideráveis contribuições; os pesquisadores que constam no projeto de pesquisa original ou que conseguiram obter recursos para sua execução; e os responsáveis por um ou mais dos principais elementos da pesquisa. Assim, observam que na lista de colaboradores de uma pesquisa devem constar os responsáveis por pontos importantes, como a ideia original, as hipóteses ou a interpretação teórica, e o proponente do projeto original, enquanto líder da pesquisa, excluindo-se, frequentemente, aqueles que desempenharam apenas uma parte pequena da pesquisa e os que não são precisamente pesquisadores, como técnicos e assistentes. Todavia, ressaltam que o entendimento sobre as fronteiras da colaboração varia substancialmente tanto entre instituições, campos de pesquisa, setores e países quanto ao longo do tempo.

Vanz e Stumpf (2010) afirmam que a colaboração científica pode ser definida como dois ou mais cientistas trabalhando juntos em um projeto de pesquisa, com compartilhamento de recursos intelectuais, econômicos e/ou físicos. De forma semelhante, Sonnenwald (2007) explica a colaboração científica como uma interação entre dois ou mais cientistas que facilita a conclusão de tarefas relacionadas a um objetivo maior e mutuamente compartilhado.

A interação entre os cientistas pode desenvolver-se tanto de maneira formal quanto informal. A colaboração informal ocorre entre cientistas durante uma pesquisa, em que geralmente não há acordos formais, embora possam dispor de apoio financeiro de agências oficiais. Já a colaboração formal envolve obrigações contratuais e, frequentemente, exige a aprovação de instâncias oficiais para sua formalização (OLDHAM, 2005).

Wagner e Leydesdorff (2005) consideram que os pesquisadores podem ser motivados a colaborar pelas recompensas existentes na ciência, tais como coautorias, citações e outras formas profissionais de reconhecimento, como convites para participação em eventos (LATOUR; WOOLGAR, 1997), que dão reputação adicional ao cientista. Uma maior visibilidade, por exemplo, pode aumentar o prestígio de um pesquisador junto à comunidade científica, gerando benefícios como facilidade no acesso a recursos financeiros para o financiamento de pesquisas (BRITO, 2016).



Em busca das vantagens advindas do reconhecimento, os pesquisadores, sobretudo os altamente visíveis e produtivos, investem em colaborações com aqueles mais propensos a aumentar sua produtividade e credibilidade junto à comunidade científica (WAGNER; LEYDESDORFF, 2005; LATOUR; WOOLGAR, 1997). Nesse sentido, Latour e Woolgar (1997) afirmam que a rede de relações de um pesquisador pode refletir a sua credibilidade perante seus pares.

No nível mais básico a colaboração ocorre entre pessoas, mas ela pode ser considerada em diversos níveis, como entre pesquisadores de um mesmo departamento ou de diferentes instituições, entre grupos de pesquisa de determinada área do conhecimento, ou ainda entre regiões e países (VANZ; STUMPF, 2010). Embora, em geral, a maioria das políticas busque estimular as colaborações em níveis mais altos do que aquele envolvendo indivíduos (KATZ; MARTIN, 1997), estudos apontam que a escolha de pesquisadores como parceiros depende mais das opções pessoais dos cientistas, do que de incentivos institucionais ou outros aspectos políticos (WAGNER; LEYDESDORFF, 2005). Portanto, é importante que nesse processo sejam considerados, de forma integrada, os fatores de diferentes naturezas que influenciam e determinam colaborações, que serão expostos na seção a seguir.

### **2.1.1. Fatores que influenciam a colaboração científica**

Sonnenwald (2007) afirma que as colaborações científicas dependem de vários fatores e lista cinco categorias que influenciam – motivando ou restringindo – a constituição de colaborações. São eles: fatores científicos, políticos, socioeconômicos, que envolvem acessibilidade a recursos, e relativos a redes sociais e personalidade. Os fatores científicos referem-se às questões ligadas à pesquisa, como a oportunidade de descobrir um novo conhecimento ou resolver um problema de maior dificuldade (SONNENWALD, 2007).

Para ilustrar, um exemplo recente nesse sentido foi a formação do *Microcephaly Epidemic Research Group*<sup>2</sup> (MERG), grupo de pesquisa voltado para estudos sobre a microcefalia, criado na epidemia de Zika que acometeu o Nordeste do Brasil em 2015, declarada pelo governo brasileiro como Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN) e mais tarde, ganhando projeção global, foi decretada pela

---

<sup>2</sup> Grupo de Pesquisa da Epidemia de Zika.

Organização Mundial de Saúde (OMS) como Emergência em Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII). O MERG foi resultado de colaboração entre pesquisadores e profissionais de diversas instituições<sup>3</sup>, e buscou as causas do crescimento do número de bebês nascidos com microcefalia em Pernambuco, conseguindo associar os casos apresentados à infecção das mães pelo vírus Zika durante a gravidez (BUTLER, 2016; FRIEDEN, 2017).

Outros fatores científicos que motivam as colaborações são a atual interdisciplinaridade da ciência, que impõe a interação entre pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento (VANZ; STUMPF, 2010), o aumento da especialização na ciência, a crescente complexidade dos instrumentos científicos e a necessidade de combinar diferentes tipos de conhecimentos e experiências para resolver problemas complexos (KATZ; MARTIN, 1997; HARA et al., 2003). O desenvolvimento da vacina da dengue pelo Instituto Butantan<sup>4</sup> em parceria com diversas instituições, incluindo a Fiocruz Pernambuco, é outro exemplo de colaboração motivada por fatores científicos.

No que concerne aos fatores políticos, considera-se que políticas nacionais e internacionais influenciam e recebem influência das colaborações científicas. Assim, as colaborações científicas, sejam elas formais ou informais, podem promover o entendimento entre países, ao mesmo tempo que situações e políticas nacionais e internacionais podem inibir essas colaborações (SONNENWALD, 2007). Por exemplo, os recentes cortes no orçamento público para ciência no Brasil, têm comprometido a realização de pesquisas no país e a participação nacional em colaborações com outros países, seja pela eliminação do suporte financeiro aos projetos, seja na

---

<sup>3</sup> O MERG é formado por profissionais da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade de Pernambuco (UPE), Secretaria de Saúde do Estado de Pernambuco (SES/PE), London School of Hygiene and Tropical Medicine (LSHTM/UK), Fundação Altino Ventura (FAV), Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD) e o Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP) (MERG, 2017).

<sup>4</sup> A dengue vem se expandindo em diversas regiões do globo, a despeito de todo o esforço realizado em seu combate. Estima-se que, atualmente, 40% da população mundial esteja em condições de risco para contrair a doença, situados, sobretudo, em países da África, Ásia e América do Sul (CHIARELLA, 2016). No Brasil, surtos da dengue têm sido recorrentes e, apenas nos últimos três anos, foram registrados mais de três milhões de casos prováveis pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). O Instituto Butantan desenvolve uma vacina para dengue, cujo estudo encontra-se na fase III de desenvolvimento clínico, envolvendo 17 mil voluntários no Brasil (CHIARELLA, 2016), com o objetivo de comprovar a eficácia da vacina. Para coordenar os testes e conseguir recrutar essa quantidade de voluntários, o Instituto Butantan firmou colaboração com catorze instituições, espalhadas pelas cinco regiões do país (TAVARES, 2016).

suspensão de bolsas<sup>5</sup> para pesquisadores e estudantes brasileiros no exterior ou ainda na diminuição de recursos que permitam a participação em eventos científicos que proporcionam contatos para futuras colaborações (ANGELO, 2017; GIBNEY, 2015).

Outro exemplo nesse sentido vem de Rodrigues, Nimrichter e Cordeiro (2016) que, ao analisarem dados relativos a colaboração internacional de dez países<sup>6</sup> entre os anos de 2000 e 2015, observaram que havia uma clara tendência de expansão da colaboração ao longo do tempo, mas constataram uma queda pontual entre os anos de 2001 a 2003. O motivo dessa depressão não é claro, mas os autores supõem que foi consequência dos ataques terroristas de 11 de setembro de 2001 em território norte-americano.

O estabelecimento de colaborações entre países cujos relacionamentos oficiais são delicados pode ser difícil, uma vez que políticas nacionais e mecanismos de financiamentos podem não estar disponíveis para apoiar tais projetos. Ademais, colaborações formadas somente como resultado de forças políticas raramente são exitosas (SONNENWALD, 2007), pois os interesses e o arbítrio dos pesquisadores devem ser considerados nesse processo. Entretanto, quando barreiras políticas são superadas, a colaboração científica entre países tende a aumentar, o que pode ser observado em coautorias e projetos em parceria (HAVEMANN, 2001).

Há ainda fatores socioeconômicos que influenciam a colaboração científica. Estudos apontam que quanto menos desenvolvida é a infraestrutura científica de um país, maior sua tendência para colaboração de coautoria internacional, muitas vezes explicada por razões econômicas, como construção e manutenção de caras instalações de pesquisa (LUUKKONEN; PERSSON; SIVERTSEN, 1992). Além disso, Zitt, Bassecouard e Okubo (2000) afirmam que a coautoria internacional – aqui considerada como um indicador de colaboração – pode ser também influenciada por afinidade cultural:

In the first instance, determined by the size of the country. Secondly, it is influenced by “proximity” between countries, either physical (geographical) proximity or imaterial proximity stemming from cultural affinity in a broad sense (historical, linguistic), or by socio-economic factors. These proximities

---

<sup>5</sup> Bolsas são um investimento concedido por instituições públicas ou privadas a pesquisadores comprovadamente capazes, com o objetivo de incentivar publicações e realização de pesquisa (LATOURET; WOOLGAR, 1997).

<sup>6</sup> Os países abrangidos na pesquisa foram Suíça, Reino Unido, Holanda, França, Alemanha, Canadá, Austrália, Itália, Estados Unidos e Japão.

influence, consciously or unconsciously, the micro-decisions of scientists, as reflected in regular patterns that appear at the macro-level (p. 628-629)<sup>7</sup>.

Adams (2012) também sugere que a proximidade geográfica bem como afinidade linguística são fatores que influenciam o estabelecimento de colaborações. O autor afirma que a observação da colaboração existente entre países demonstra que há uma tendência global de escolha de caminhos com menores resistências às parcerias.

Fatores relativos à acessibilidade a recursos também impulsionam as colaborações científicas. Assim, muitas parcerias são motivadas pela necessidade de acesso a instrumentos onerosos (KATZ; MARTIN, 1997), a financiamentos (WRAY, 2002) e a dados científicos para pesquisas. Por exemplo, durante e após a epidemia de Zika, a Fiocruz Pernambuco recebeu uma série de propostas de colaboração científica para pesquisas na área, uma vez que a instituição dispõe de importantes dados e amostras da doença, além de acesso a pacientes.

Por último, fatores referentes às redes sociais e personalidade intervêm nas colaborações científicas. Em geral, essas colaborações surgem e são mantidas por meio de redes sociais (SONNENWALD, 2007), e as relações informais entre pesquisadores podem originar parte significativa das parcerias (VANZ; STUMPF, 2010). As redes sociais podem ser expandir tanto por encontros informais, quanto por reuniões e atividades formais (BEAVER, 2001), uma das razões porque centros de pesquisa frequentemente organizam eventos e seminários para aproximar cientistas (SONNENWALD, 2007).

Nesse sentido, um estudo realizado por Newman (2001) demonstrou que dois pesquisadores são mais propensos a produzir um artigo em coautoria se tiverem um terceiro coautor em comum. Segundo a pesquisa, isso pode indicar que o processo de cientistas apresentarem seus colaboradores uns aos outros é importante no desenvolvimento de pesquisas científicas.

Além disso, aspectos pessoais possuem um papel importante no

---

<sup>7</sup> “Em primeira instância, determinado pelo tamanho do país. Em segundo lugar, é influenciado pela "proximidade" entre os países, seja a proximidade física (geográfica) ou a proximidade imaterial decorrente da afinidade cultural em um sentido amplo (histórico, linguístico) ou por fatores socioeconômicos. Essas proximidades influenciam, conscientemente ou inconscientemente, as micro decisões dos cientistas, como refletido em padrões regulares que aparecem no nível macro” (ZITT; BASSECOULARD; OKUBO, 2000, p. 628-629, tradução nossa).

estabelecimento e sustento de redes sociais e, portanto, de colaborações (SONNENWALD, 2007). Assim, compatibilidade pessoal, como amizade, confiança, “química” e boa comunicação (HARA et al., 2003) são fatores considerados na identificação, seleção e manutenção de parcerias. Nesse sentido, Creamer (2004) considera que hábitos profissionais e estilos de escrita diferentes são barreiras que podem ser resolvidas com o tempo; mas o compromisso compartilhado com o objetivo da pesquisa, o respeito mútuo pela autoridade intelectual do parceiro e a capacidade de aceitar as diferenças de opinião como rotineiras são fundamentais para o processo colaborativo.

As facilidades dos meios de comunicação e transporte também apresentam um papel significativo nesse processo, uma vez que propiciam a interação entre pesquisadores e a troca de ideias e informações (VANZ; STUMPF, 2010; KATZ; MARTIN, 1997). As tecnologias da informação podem encorajar a colaboração científica e até mesmo dar origem a outros padrões de interação, especialmente quando os pesquisadores não estão, ou não devem estar, no mesmo ambiente (SONNENWALD, 2007).

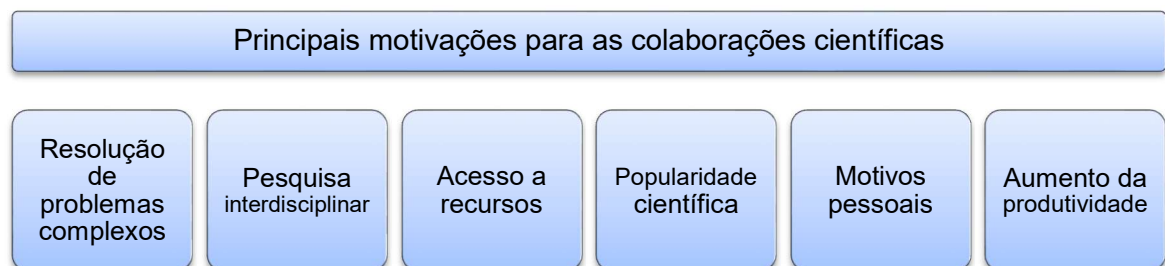
Logo o acesso à internet tem sido um importante meio facilitador no desenvolvimento de colaborações, pois permite a troca de mensagens e o compartilhamento de dados a baixo custo, ampliando as possibilidades de cientistas colaborarem entre si, independente da distância física existente entre eles. Ademais, possibilita a realização de reuniões a distância, o acesso a arquivos e facilita a elaboração colaborativa de artigos científicos (VANZ; STUMPF, 2010; OLDHAM, 2005).

Embora os avanços tecnológicos tenham facilitado a colaboração científica à distância, Katz e Martin (1997) afirmam que a proximidade física ainda é um fator que estimula a colaboração, pois tende a gerar maior comunicação informal – é o caso, por exemplo, da supervisão de alunos por professores, que, apesar de não envolver colaboração formal, proporciona uma aproximação e a manutenção de um relacionamento por anos, o que facilita o trabalho em conjunto. Segundo Rodrigues, Nimrichter e Cordeiro (2016), a comunicação digital é limitada pela falta de ações típicas, como contato visual, aperto de mãos e comunicação não verbal que ocorrem em salas de reuniões, bancos e corredores. Assim, os autores afirmam que as conferências científicas e os cursos de curta duração presenciais são particularmente

importantes, uma vez que os cientistas em geral, e especialmente os estudantes, têm a oportunidade de encontrar potenciais colaboradores, além de acompanhar temas atuais nos seus cursos. Essas reuniões físicas são essenciais para criar confiança mútua entre os pesquisadores (OLDHAM, 2005).

Diante do exposto, é possível elencar as principais razões para o estabelecimento de uma colaboração científica: oportunidade de descobrir e desenvolver um novo conhecimento ou resolver problemas complexos para a ciência e para a sociedade; necessidade de realizar pesquisa interdisciplinar; compartilhamento ou obtenção de recursos intelectuais, econômicos e/ou físicos; busca pelo aumento da popularidade científica, visibilidade e reconhecimento; e desejo de trabalhar com outros pesquisadores, por motivos pessoais. O aumento da produtividade científica, um dos benefícios da colaboração científica, que serão expostos no item abaixo, também é uma das razões para o estabelecimento de parcerias. A Figura 1 apresenta um resumo das principais motivações para as colaborações científicas.

**Figura 1** – Principais motivações para as colaborações científicas



Fonte: Elaboração própria.

### 2.1.2. Riscos e benefícios da colaboração científica

Além de proporcionar o acesso a recursos, financiamentos e instalações (ADAMS, 2012), a colaboração científica gera diversos benefícios para pesquisa. Uma de suas principais vantagens é a transferência de conhecimentos e habilidades, não somente científicos e técnicos, mas também sociais e de gestão, necessários para trabalho em equipe (KATZ; MARTIN, 1997). Esse processo é proporcionado pela socialização dos conhecimentos individuais de cada pesquisador, pelo aprendizado

coletivo, pela discussão de diferentes pontos de vista, que podem motivar novas perspectivas sobre o assunto abordado, e pelo estímulo a criatividade e ideias inovadoras (VANZ; STUMPF, 2010).

Over the course of a collaboration, scientists and staff may acquire new knowledge and skills – not only new scientific knowledge but also that pertaining to research methods, use of ICT, and project management – that can lead to new career opportunities. Educational outcomes include students who successfully complete their studies, as well as those who have been influenced by the research through outreach activities or as project participants. Other educational results are the adoption of more effective teaching methods and practices that are shared among scientists across disciplines and countries or that emerge from innovative collaborative activities, such as joint supervision of students across distances (SONNENWALD, 2007, p. 668)<sup>8</sup>.

Em âmbito internacional, a colaboração converte-se em importante meio de acesso a conhecimentos e experiências existentes nos países mais avançados, que podem ser utilizados para solução de problemas locais de nações em desenvolvimento e aumento de sua capacidade científica (OLDHAM, 2005). A colaboração entre países também pode promover um melhor entendimento entre cientistas de diferentes culturas e Estados (SONNENWALD, 2007), gerando vantagens políticas úteis, como o aumento da integração de países ou regiões (OLDHAM, 2005). Um caso ilustrativo é o do Mercado Comum do Sul (Mercosul<sup>9</sup>) que, via processo de integração regional sul-americano, tem incentivado a colaboração em C&T entre os pesquisadores dos países participantes como forma de superação das desvantagens tecnológicas frente aos Estados centrais, buscando fortalecimento e melhor posicionamento do bloco no panorama internacional (VELHO, 2010).

Além disso, a colaboração pode aumentar tanto a confiabilidade da pesquisa, já que mais de um cientista avalia a precisão, qualidade e significado dos resultados obtidos (BEAVER, 2001), quanto a credibilidade de um pesquisador, uma vez que as

---

<sup>8</sup> “Ao longo da colaboração, cientistas e a equipe de apoio podem adquirir novos conhecimentos e habilidades - não só novos conhecimentos científicos, mas também os métodos de pesquisa, uso de TIC [Tecnologias de Informação e Comunicação] e gerenciamento de projetos - que podem levar a novas oportunidades de carreira. Os resultados educacionais incluem alunos que concluíram com sucesso seus estudos, bem como aqueles que foram influenciados pela pesquisa através de atividades de divulgação ou participantes do projeto. Outros resultados educacionais são a adoção de métodos e práticas de ensino mais eficazes que são compartilhados entre cientistas em disciplinas e países ou que emergem de atividades colaborativas inovadoras, como a supervisão conjunta de estudantes a distância” (SONNENWALD, 2007, p. 668, tradução nossa).

<sup>9</sup> O Mercosul tem como Estados Partes o Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, membros fundadores e signatários do Tratado de Assunção de 1991, e ainda a Venezuela (adepta ao tratado, mas atualmente suspensa) e Bolívia (em processo de adesão). Como Estados Associados ao bloco estão o Chile, Colômbia, Equador, Guiana, Peru e Suriname (MERCOSUR, 2018).

parcerias são vistas como uma forma de aceitação dentro da comunidade científica (HARA et al., 2003). Outra vantagem da interação de cientistas de diferentes instituições e países é a ampliação da rede de contatos do pesquisador na comunidade científica, por meio da qual ele pode adquirir informações ou conselhos (KATZ; MARTIN, 1997).

Práticas administrativas podem ser alteradas e aperfeiçoadas ao longo de uma colaboração, resultando em adaptações e mudanças que podem tornar mais fáceis o estabelecimento e a gestão de futuros projetos em colaboração (SONNENWALD, 2007). Portanto, as colaborações também podem promover aprendizado institucional na gestão e suporte à pesquisa.

Há, entretanto, casos em que a colaboração esconde aspectos potencialmente negativos. Por exemplo, quando pesquisadores colaboram com o intuito de espionar resultados alheios (BEAVER, 2001) ou realizar ensaios clínicos antiéticos, experimentos relacionados a armas biológicas ou envolvendo recursos proibidos em países avançados (OLDHAM, 2005). Pode existir ainda um elemento de exploração no arranjo colaborativo, sobretudo quando envolver parceiros de forças científicas desiguais, como países desenvolvidos e em desenvolvimento, em que o parceiro mais forte pode elaborar o projeto, analisar os resultados e assumir a liderança na publicação de artigos com os resultados, relegando ao parceiro mais fraco apenas o papel de assistente de pesquisa para coleta de dados (OLDHAM, 2005).

Um outro risco é a utilização de colaborações como grupos de lobby, com poder de influência em políticas de pesquisa e decisões de financiamento a seu favor (WRAY, 2002). Nessas condições, pesquisadores individuais, sem colaboração, podem encontrar maior dificuldade em conseguir financiamento para seus projetos (SONNENWALD, 2007).

As colaborações também podem dificultar o avanço na carreira de cientistas, sobretudo dos mais jovens, pois sua atuação em estudos coordenados por pesquisadores sêniores pode ser subestimada por comitês de avaliação (SONNENWALD, 2007). Ou ainda diminuir a diversidade de escolhas e oportunidades de pesquisadores, pelo direcionamento das pesquisas aos tópicos que o consenso dos pares (parceiros) considera como mais interessantes (ADAMS, 2012).

Os riscos que envolvem pesquisas em colaboração exigem que cientistas,



organizações e países envolvidos identifiquem ou desenvolvam mecanismos para que os impactos negativos sejam minimizados, de forma que todos os envolvidos possam se beneficiar dos projetos realizados em parceria (OLDHAM, 2005).

Apesar de compreender diferentes ameaças, a colaboração científica tem sido relacionada ao aumento da produtividade científica (DE SOLLA PRICE; BEAVER, 1966): patentes, licenças, novos produtos e serviços (SONNENWALD, 2007), e publicação de artigos científicos podem advir do trabalho realizado em colaboração. Essa questão é particularmente importante num contexto em que os pesquisadores passam por constantes avaliações de desempenho baseadas na quantidade de trabalhos publicados, sendo levados a produzir cada vez mais artigos científicos (LEMOS, 2005), para o qual recorrem, muitas vezes, à coautoria.

### **2.1.3. Coautoria na produção científica**

O trabalho em equipe, ou seja, em colaboração com outros pesquisadores, representa um novo paradigma para a estrutura organizacional da pesquisa científica (BEAVER, 2001), refletida na expansão de redes de colaboração em todo o mundo (ADAMS, 2012), tendo como uma de suas consequências a expansão da coautoria, que é o compartilhamento da autoria de uma produção.

Estudos mostram que há vantagens na publicação em colaboração. Artigos em coautoria são frequentemente mais citados (RONDA-PUPO; KATZ, 2015; ADAMS, 2012; WUTCHY; JONES; UZZY, 2007), principalmente se a colaboração acontecer entre diferentes instituições (JONES; WUCHTY; UZZI, 2008). Um dos motivos para a elevação do impacto é a tendência de que um maior número de autores/instituições filiadas gere uma maior divulgação e visibilidade ao trabalho, o que acontece, por exemplo, quando coautores compartilham informações de um artigo em eventos científicos ou em discussões informais com colegas (KATZ; MARTIN, 1997).

Além disso, segundo Beaver (2004), a coautoria aumenta a autoridade epistêmica de um artigo. Isso porque os coautores contribuem com diferentes tipos de conhecimento e o trabalho colaborativo proporciona uma revisão mais rigorosa dos trabalhos, aumentando assim a qualidade da publicação final (SONNENWALD, 2007). Há ainda outros fatores importantes para o êxito de um artigo, como as revistas em que é publicado e os nomes dos parceiros (coautores) da publicação (LATOURETTE;

WOOLGAR, 1997).

Na literatura, a colaboração científica está frequentemente relacionada à coautoria, entendendo-se esta última como um indicativo de existência daquela. No entanto, essas expressões não podem ser consideradas sinônimas, pois a coautoria representa apenas um aspecto da colaboração entre pesquisadores, incapaz de medir a colaboração na sua totalidade e complexidade (VANZ; STUMPF, 2010; KATZ; MARTIN, 1997).

Isso ocorre porque muitas colaborações científicas legítimas não resultam em publicações em coautoria, como nos casos em que os colaboradores publicam, em separado, os resultados da pesquisa em periódicos específicos de sua área. Ou ainda, mesmo não tendo trabalhado em colaboração, cientistas podem decidir publicar juntos os resultados de suas pesquisas. Além disso, nem sempre aqueles listados como autores numa publicação são responsáveis pelo trabalho intelectual, sendo comum, por exemplo, a prática de coautores honorários na ciência (KATZ; MARTIN, 1997). O acordo entre os cientistas sobre a assinatura de determinado artigo, varia conforme a área do conhecimento e o contexto histórico e social dos colaboradores (LIMA; VELHO; FARIA, 2007). Portanto, nem toda colaboração científica resulta em publicação e nem sempre coautoria indica colaboração na pesquisa (VANZ; STUMPF, 2010), o que faz da coautoria um indicador parcial, mas bastante aproximado, da colaboração (KATZ; MARTIN, 1997).

A despeito da limitação evidenciada, a coautoria vem sendo utilizada com êxito em muitos estudos para investigar a colaboração entre pesquisadores, instituições e países (VANZ; STUMPF, 2010). Uma das vantagens da utilização da coautoria como indício de colaboração é a possibilidade de verificar grandes amostras de dados disponíveis publicamente (KATZ; MARTIN, 1997), abrangendo diferentes países e áreas de pesquisa, e ainda dispor de uma consistência razoável ao longo de décadas (ADAMS, 2012), o que pode gerar resultados estatisticamente significativos (KATZ; MARTIN, 1997). Para tanto, a internet e as diferentes bases de dados digitais existentes apresentam-se como boas fontes. Logo, trata-se de um método relativamente acessível, do ponto de vista financeiro, e prático para quantificar a colaboração.

Em 1958, Smith publicou o artigo *The trend toward multiple authorship in Psychology*, que é considerado o primeiro trabalho a sugerir que artigos em coautoria

fossem usados como uma medida aproximada da colaboração entre pesquisadores (VANZ; STUMPF, 2010). Desde então, diversas pesquisas têm utilizado a coautoria como indício de colaboração (BENDER, 2015; CAMPOS et al., 2017; FONSECA, 2015; FONSECA et al., 2017; FONSECA; ZICKER, 2016; HAGEL et. al., 2017; HARA et al., 2003; MOLINER; GALLARDO-GALLARDO; DE PUELLES, 2017; MOREL et al., 2009). Em geral, esses estudos têm observado a questão da colaboração, por meio da coautoria, sob a perspectiva de redes, que será abordada no capítulo seguinte.

### 3. REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA

A partir do exposto no capítulo anterior, entende-se que a colaboração científica corresponde à interação de pesquisadores na intenção de unir esforços em busca de um objetivo comum de produzir novos conhecimentos científicos. Essa interação compreende atores – pesquisadores, instituições ou outros – envolvidos por um elo de ligação, que é a colaboração, ou seja, a relação estabelecida entre eles. Tal concepção converge com a compreensão de redes sociais, que representam um conjunto de participantes que unem ideias e recursos em torno de valores e interesses compartilhados (MARTELETO, 2001).

Nesse sentido, a colaboração científica, considerada como um conjunto de relações entre diferentes atores, pode ser visualizada sob a perspectiva de redes, o que tem auxiliado na compreensão do fenômeno, razão pela qual muitos estudos adotam essa visão sobre o tema (BENDER et al., 2015; FONSECA, 2015; FONSECA et al. 2017; FONSECA; ZICKER, 2016; HAGEL et al., 2017; LI; LIAO; YEN, 2013; MOREL et al., 2009; POWELL; KOPUT; SMITH-DOERR, 1996; VASCONCELLOS; MOREL, 2012; WAGNER; LEYDESDORFF, 2005).

No nível mais básico, os colaboradores são indivíduos que interagem entre si. Portanto, a unidade básica de colaboração científica são dois ou mais pesquisadores trabalhando juntos. Entretanto, é possível observar colaboração em outros níveis, como entre grupos de pesquisa, departamentos, instituições, regiões e países (KATZ; MARTIN, 1997). Assim, os estudos das redes de colaboração científica podem compreender diferentes unidades de análise, o que resulta numa variedade de possibilidades de pesquisas na área, em busca de respostas quanto ao modo de colaboração de comunidades acadêmicas.

Para Barabási (2009, p. 43), “a rede científica é um protótipo em pequena escala de nossa rede social, com a única característica de que suas conexões são regularmente divulgadas”, por meio das publicações em coautoria. Segundo o autor (2009), a coautoria representa vínculos sociais fortes entre pesquisadores, pois raramente os autores de uma publicação não se conhecem pessoalmente. Uma vez que as publicações científicas são atualmente registradas e disponibilizadas em bancos de dados digitais – revistas e portais disponíveis na internet, como *Web of Science* (WoS), Portal de Periódicos da Capes, dentre outros –, há também o respectivo registro das conexões sociais e profissionais entre os cientistas

(BARABÁSI, 2009), o que torna possível a construção de redes de coautoria (colaboração) completas ou quase completas em determinadas áreas do conhecimento (NEWMAN, 2004).

A colaboração científica pode, portanto, ser observada a partir da conexão estabelecida entre pesquisadores em artigos em coautoria, de modo que, na construção da rede, os nós representam cientistas ou instituições que estão conectados se tiverem compartilhado a coautoria numa publicação. Mais do que uma representação da sociedade acadêmica, Newman (2004) entende que a rede de coautorias é uma rede que também descreve a própria estrutura do conhecimento.

Nesse sentido, estudos mostram que há diferenças no padrão de colaboração das ciências, de forma que cada área possui suas peculiaridades. Por exemplo, em pesquisa sobre redes de colaboração nos campos da biologia e matemática, Newman (2004) constatou que o número de autores de artigos em biologia é quatro vezes maior que na área de matemática, resultado que reflete o caráter mais experimental da biologia e mais teórico da matemática.

A concepção de redes permite, pois, a compreensão das colaborações científicas de forma mais dinâmica, ampliando o foco de análise da parceria na pesquisa para a rede de relações em que esta está inserida. Como sob esse ponto de vista o conceito de redes sociais aparece como um dos pilares do estudo, a percepção da estrutura social existente através das relações, e não apenas dos atributos individuais dos cientistas, deve permear todo o processo de pesquisa. Dessa forma, são consideradas as relações de poder existentes – independentes da organização hierárquica presente – que permeiam a dinâmica do conhecimento no processo analisado (MARTELETO, 2001).

Para tanto, a perspectiva de redes possibilita a utilização de diversas métricas para o estudo dos padrões de colaboração de comunidades científicas. Por exemplo, é possível observar a quantidade de relações e atores envolvidos numa rede; a média de coautores nas publicações científicas; visualizar os subgrupos<sup>10</sup> existentes numa rede ou se há pesquisadores isolados, sem ligação com os pares; identificar os pesquisadores que mais colaboram com outros e os principais intermediadores de

---

<sup>10</sup> São os chamados componentes de uma rede, que serão tratados com mais detalhes na seção 3.2 (Análise de Redes Sociais).

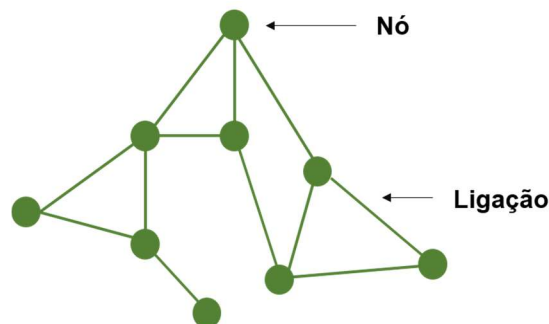
relações e informações; dentre outros.

Neste estudo, a colaboração científica será estudada sob a perspectiva de redes, sendo necessária, portanto, uma compreensão mais ampla sobre a área, que será abordada a seguir.

### 3.1. TEORIA DE REDES

As redes (*networks*) e sua concepção são utilizadas por pesquisas em diferentes áreas do conhecimento para compreensão do funcionamento de sistemas e resolução de problemas, como na Biologia, Sociologia, Antropologia, Psicologia, Administração, Economia, Relações Internacionais, dentre outras. Essa multiplicidade de áreas acarreta uma variedade de conceitos para redes, que, em geral, apresentam uma noção comum relacionada a malha, teia conectada que forma um tecido (ACIOLI, 2007). Neste trabalho, as redes são consideradas como estruturas que representam relações, constituídas por um conjunto de nós (vértices, atores) e suas ligações (conexões, arestas) (BORGATTI; FOSTER, 2003). A figura abaixo ilustra o conceito:

**Figura 2** – Representação de uma rede



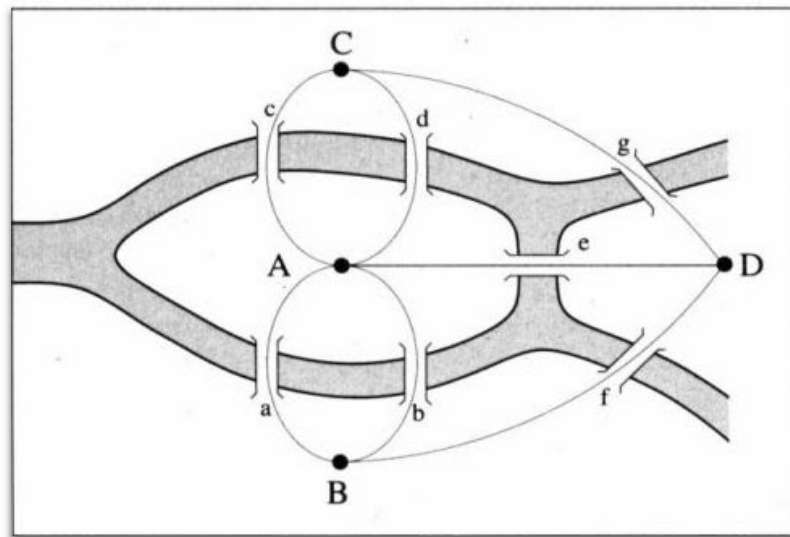
Fonte: Elaboração própria.

Estudos relacionados às redes vêm se expandindo ao longo dos anos, tanto pelo interesse existente nos padrões de interação humana quanto porque sua estrutura tem importantes implicações para a disseminação de informações e doenças (NEWMAN, 2001). Em 2002, Albert-László Barabási lançou um interessante livro chamado *Linked*, em que apresenta, de forma multidisciplinar e em linguagem

acessível, não científica, a questão das redes e sua importância para a sociedade<sup>11</sup>. A obra, que é considerada hoje uma referência para os estudos na área de análise de redes sociais, aborda a história da ciência de redes e sua evolução no tempo, além de apresentar estudos que utilizam a noção de redes em diferentes áreas do conhecimento. Aqui, será apresentado um breve histórico da ciência de redes, baseado na obra de Barabási (2009), destacando os principais acontecimentos da área no decorrer do tempo, com o intuito de facilitar o entendimento sobre o tema.

A ciência relacionada às redes tem início no século XVIII com Euler e a teoria dos grafos, que constitui a base do pensamento das redes (BARABÁSI, 2009). Em 1736, Euler propôs a demonstração matemática das pontes que ligavam a cidade de Königsberg à ilha Kneiphof, na Prússia oriental (Figura 3).

**Figura 3** – Pontes de Königsberg



Fonte: BARABÁSI (2009, p. 10).

À época, a população da cidade se questionava se seria possível cruzar as sete pontes sem passar por qualquer delas mais de uma vez. Para solucionar o problema, Euler considerou as pontes de Königsberg como um grafo, ou seja, “um conjunto de nós conectados por *links*” (BARABÁSI, 2009, p. 10), no qual as faixas de terra eram

<sup>11</sup> Nesta dissertação, foi utilizada a versão brasileira do livro de 2009 (BARABÁSI, Albert-László. **Linked**: a nova ciência dos *networks*. Como tudo está conectado a tudo e o que isso significa para os negócios, relações sociais e ciências. São Paulo: Leopardo Editora, 2009. 241 p..

os nós (A, B, C e D) e as pontes eram os *links*. Com isso, percebeu que não seria possível passar por todas as pontes uma única vez, o que levou à conclusão de que a existência do caminho não dependia da disposição das pessoas para encontrá-lo, mas tratava-se, na verdade, de uma propriedade do grafo (BARABÁSI, 2009).

Por meio da resolução desse problema, Euler iniciou o novo ramo matemático da teoria dos grafos, que vem se desenvolvendo desde então. Porém, até meados do século XX, o objetivo da teoria das redes era descobrir e registrar as propriedades dos grafos. Somente dois séculos depois dos estudos iniciais, os matemáticos voltaram sua atenção para a compreensão de como se formam as redes e que estrutura e leis que governam as redes reais (BARABÁSI, 2009).

A primeira resposta para a questão sobre a formação das redes veio na década de 1950, com os matemáticos húngaros Paul Erdős e Alfréd Rényi, que conseguiram propor um modelo único para descrever todos os grafos complexos: desconsiderando-se a diversidade das redes e suas diferentes configurações e regras, a conexão dos nós ocorreria aleatoriamente. Assim Erdős e Rényi equipararam complexidade à aleatoriedade, de modo que “se uma rede era complexa demais para ser apreendida em termos simples, exigia que a descrevêssemos como randômica” (BARABÁSI, 2009, p. 21).

A solução apresentada pelos matemáticos deu base para a teoria das redes randômicas, que durante muitos anos determinou o pensamento acerca das redes. Hoje se sabe, no entanto, que as redes aleatórias representam apenas um número reduzido de grafos no universo (BARABÁSI, 2009).

Para Barabási (2009), o papel de Erdős e Rényi na teoria dos grafos foi grandioso, pois, a partir de sua contribuição, a teoria deixou de se concentrar quase que exclusivamente em grafos regulares e passou a lidar com redes sociais e grafos aleatórios. Nos grafos regulares, cada nó possui exatamente o mesmo número de *links*, o que não acontece no modelo randômico.

Na década de 1960, o professor da Universidade de Harvard Stanley Milgram realizou um estudo, cujo objetivo era descobrir a distância (quantidade necessária de conhecidos intermediários) entre duas pessoas quaisquer nos Estados Unidos. O experimento foi feito por meio de remessa de cartas a pessoas aleatoriamente selecionadas para que enviassem um cartão postal a um indivíduo predeterminado ou alguém que o conhecesse, até que a carta chegasse ao alvo. Como resultado, Milgram calculou que, em média, foram necessárias 5,5 pessoas intermediárias para alcançar



o destino pretendido. Arredondando a média para 6, o estudo sugere, então, que são necessárias no máximo seis conexões para que qualquer pessoa no mundo possa ser ligada a outra (MILGRAM, 1967)<sup>12</sup>, conclusão revolucionou o estudo sobre a interconectividade entre indivíduos (BARABÁSI, 2009).

Para Barabási (2009, p. 27):

Stanley Milgram nos conscientizou de que não apenas estamos conectados, mas também vivemos em um mundo no qual ninguém está mais do que a alguns poucos apertos de mão de qualquer outra pessoa. Em outras palavras, vivemos em um *mundo pequeno (small world)*. Nosso mundo é pequeno porque a sociedade é uma rede bastante densa. Temos mais amigos do que o número crítico necessário para nos manter conectados.

E continua:

Os seis graus de separação são o produto de nossa sociedade moderna – um resultado de nossa insistência em manter-nos em interação. São facilitados por nossa capacidade relativamente recente de nos comunicar a grandes distâncias – frequentemente a milhares de quilômetros. A aldeia global é agora uma nova realidade para os seres humanos (BARABÁSI, 2009, p. 35).

No fim da década de 1960, o norte-americano Mark Granovetter desenvolveu uma pesquisa para sua tese de doutorado, com o objetivo de compreender como as pessoas conseguiam emprego por meio de suas conexões pessoais. Entrevistando dezenas de gerentes e funcionários, descobriu que, surpreendentemente, os vínculos que ajudavam a arranjar emprego não eram de amigos próximos, mas de conhecidos (GRANOVETTER, 1973).

Granovetter (1973) explicou que isso acontece porque as pessoas mais próximas, em geral, frequentam os mesmos espaços que nós e, por isso, estão em meio às mesmas informações a que temos acesso; as pessoas mais distantes, ao contrário, transitam por lugares diferentes, obtendo, assim, informações de fontes diferentes das que temos contato. Esses vínculos fracos constituem-se, portanto, numa ponte com o mundo exterior (BARABÁSI, 2009).

---

<sup>12</sup> Newman (2001) realizou um estudo sobre colaboração científica com base na coautoria em artigos publicados, no qual constatou que a distância média entre os pesquisadores desconhecidos também era de seis nós (seis vínculos de coautoria), confirmando os resultados da pesquisa de Milgram (1967) realizada anos antes.

Com base nesse resultado, Granovetter escreveu o ensaio *The Strength of Weak Ties*, publicado em 1973, sobre a importância dos vínculos sociais fracos nas vidas das pessoas e na comunidade, que é considerado um dos trabalhos mais influentes da área da sociologia (BARABÁSI, 2009).

Mais tarde, em 1998, os pesquisadores Duncan Watts e Steve Strogatz publicaram os resultados de um estudo em que observaram três diferentes redes – a rede neural do verme *Caenorhabditis elegans* (considerando os neurônios como nós e as sinapses como as ligações), a rede elétrica do Oeste dos Estados Unidos (geradores, transformadores e subestações como os nós, ligados por linhas de transmissão) e o gráfico de colaboração de atores de filmes – e concluíram que todas tratam-se de redes de “mundo pequeno” (*small-world networks*), caracterizadas por alta clusterização (agrupamento, densidade de conexões) e curta separação entre seus nós<sup>13</sup>, combinação de atributos não encontrada nas redes regulares ou randômicas (WATTS; STROGATZ, 1998).

Essa descoberta ganhou força e foi reconhecida como propriedade genérica das redes complexas, o que desafiou a visão anterior de que as redes reais são fundamentalmente randômicas e demonstrou que a “clusterização” não está restrita às redes sociais, mas é característica também de outros tipos de rede (BARABÁSI, 2009).

Um ano depois, em 1999, Reka Albert, Hawoong Jeong e Albert-László Barabási publicaram os resultados de um projeto em que buscaram compreender a estrutura de redes complexas, com foco na *Web*. O mapeamento da *Web* realizado no estudo mostrou uma rede altamente conectada, com um aglomerado de *hubs* ou conectores – nós com um número atipicamente grande de *links*, como o Yahoo! e o Amazon.com (BARABÁSI, 2009) –, que aumentam a visibilidade de documentos e páginas (ALBERT; JEONG; BARABÁSI, 1999).

Os *hubs* são uma característica incompatível com as redes randômicas que, por estabelecerem as conexões dos nós de forma aleatória, pressupõem uma certa democracia, em que a maioria dos nós possuem o mesmo número de *links*, sendo raros os desvios da média (BARABÁSI, 2009). Os *hubs*, ao contrário, atraem ligações

---

<sup>13</sup> É o caso também das redes de colaboração científica, que possuem as características de um “mundo pequeno”, dada a grande conectividade entre os seus atores e um alto nível de agrupamento (clusterização) (NEWMAN, 2001).

preferenciais, o que fez com que Barabási (2009) afirmasse que a *Web* é um espaço em que falta democracia, equidade e valores igualitários.

Os *hubs* são o mais forte argumento contra a visão utópica de um ciberespaço igualitário. Sim, todos temos o direito de colocar o que quisermos na *Web*. Mas alguém perceberá? Se a *Web* fosse uma rede randômica, teríamos a mesma chance de ser vistos e ouvidos. Coletivamente, de certa forma criamos *hubs*, *Websites* a que todo mundo se conecta. São muito fáceis de encontrar, independentemente de onde estejamos na *Web*. Em comparação a esses *hubs*, o restante da *Web* é invisível. Para todos os propósitos práticos, páginas conectadas por apenas um ou dois outros documentos não existem. É quase impossível encontrá-las. Até as ferramentas de busca lhes são desfavoráveis, ignorando-as quando rastreiam a *Web* à procura de novos *sites* mais interessantes (BARABÁSI, 2009, p. 53).

A característica de rede com *hubs*, ou seja, com conexões preferenciais, está presente na maioria dos grafos, chamados de redes sem escala ou redes livres de escala. Nelas, não há um padrão comum de conexão dos nós, sendo a topologia determinada basicamente pelos *hubs* (BARABÁSI, 2009).

Num novo estudo, buscando compreender as redes sem escala, Barabási e Albert (1999) chegaram a duas conclusões sobre as redes reais: a) as redes crescem continuamente com a adição de novos nós b) e eles se ligam, preferencialmente, àqueles já bem conectados. Portanto, as redes reais (redes complexas), facilmente observadas na natureza e na sociedade, não são estáticas nem possui conexões aleatórias e uniformes, como pressupõe o modelo randômico, mas sim caracterizadas pelo crescimento e conexão preferencial<sup>14</sup>.

Com base nessa descoberta, Barabási (2009) afirma que, assim como na *Web*, nas redes reais – como as redes de colaboração científica – a conexão não é aleatória, “pelo contrário, a popularidade é atrativa. [...] atores altamente conectados são mais frequentemente cogitados para novos papéis, trabalhos altamente citados têm maior probabilidade de ser citados novamente, conectores fazem mais novos amigos” (p. 78). Em suma, pela conexão preferencial há uma tendência natural e sutil de que os novos nós se liguem àqueles que já são altamente conectados.

No entanto, em sistemas mais complexos, como ambientes competitivos, por exemplo, a aptidão de cada nó (ex. capacidade de fazer amigos, atrair clientes, qualidade do produto, competência etc.) deve ser considerada para análise de sua

---

<sup>14</sup> Mais tarde, percebeu-se que as redes sem escala haviam ignorado dois fenômenos existentes nas redes reais: a) novos *links* podem emergir numa rede já existente e b) nós e *links* também podem desaparecer da rede; o que torna a evolução das redes reais mais complexas do que a do modelo sem escala prevê (BARABÁSI, 2009).

atratividade, não se limitando à quantidade de *links* (conexões) que ele possui. Isso porque um novo nó com aptidão superior aos demais previamente existentes provavelmente atrairá *links* que o tornarão mais bem conectado que nós menos aptos (BARABÁSI, 2009).

Esse entendimento pode ser aplicado para compreensão de diferentes redes reais. Explica, por exemplo, como um novo morador de um bairro, possuindo uma grande capacidade de fazer amizades, consegue ter um maior número de amigos/contatos na vizinhança que um morador mais antigo; ou ainda, no caso das redes de colaboração científica, como um pesquisador recém-chegado num instituto, detentor de um conhecimento altamente valorizado pelos pares, pode conseguir estabelecer colaborações com um número maior de cientistas do que aqueles indivíduos mais antigos.

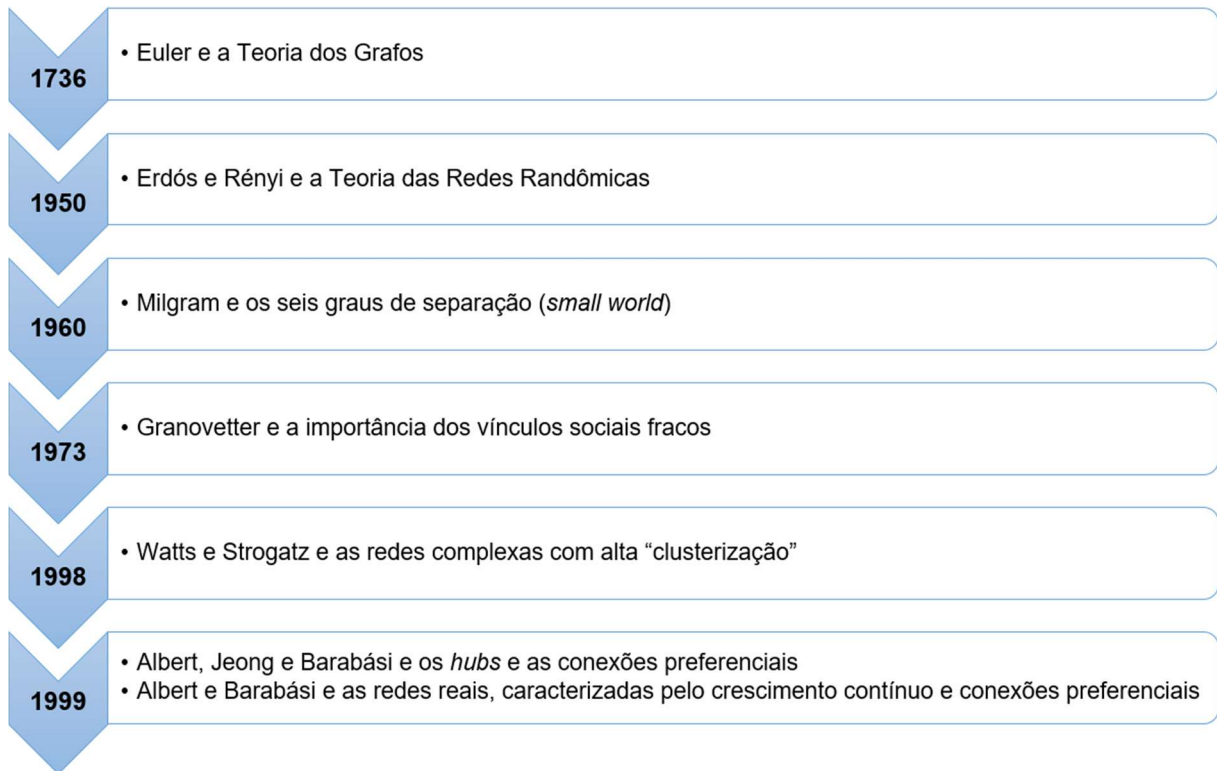
As pesquisas sobre redes também se debruçaram sobre a questão das falhas nos sistemas, assunto de interesse de diversas áreas. Percebeu-se que a maioria dos sistemas possui alto grau de tolerância a falhas, assegurada por uma complexa rede altamente conectada. Por exemplo, a estabilidade da economia é assegurada por uma rede de organizações financeiras e reguladoras; um ecossistema é construído com base na interação entre espécies; a força de uma sociedade está em sua teia social (BARABÁSI, 2009).

No caso das redes sem escala, que descrevem diferentes sistemas, como a internet, redes sociais ou uma célula, foi identificado um alto grau de robustez, ou seja, tolerância ao erro, entendido como retirada ou falha de uma pequena fração de nós aleatórios. Essa robustez se dá pela heterogeneidade na distribuição da conectividade das redes sem escala, caracterizada pela existência inúmeros nós com poucas ligações e alguns com muitas ligações (*hubs*). Como os nós com conectividade pequena são a maioria, é mais provável que a falha – que é aleatória – recaia sobre eles, o que não prejudicaria a rede como um todo. Entretanto, quando se observam ataques, em que a eliminação de nós não é aleatória, mas sim direcionada, as redes sem escala são extremamente vulneráveis. Isso porque, num ataque, provavelmente seriam removidos nós que desempenham um papel importante na conectividade da rede, como os *hubs*. A retirada deles prejudica, substancialmente, a comunicação na rede. E, chegando a um grau crítico de ataque, pode resultar na fragmentação de toda a rede em pequenas comunidades isoladas entre si. A heterogeneidade da

conectividade é, portanto, o fator que gera, ao mesmo tempo, tolerância ao erro e vulnerabilidade ao ataque (ALBERT; JEONG; BARABÁSI, 2010).

A figura abaixo apresenta uma linha do tempo com a síntese dos principais estudos relacionados à teoria de redes.

**Figura 4** – Linha do tempo dos principais estudos relacionados à teoria de redes



Fonte: Elaboração própria

Todos esses estudos e conclusões relacionados às redes demonstram como elas podem contribuir para o entendimento de diversas questões de pesquisa, utilizando-se, para tanto, do conhecimento de suas propriedades e estruturas. Nesse sentido, a construção e a estrutura de grafos podem ser o caminho para apreender o complexo mundo que nos rodeia (BARABÁSI, 2009). Partindo dessa percepção, a concepção de redes é adotada nesse estudo como uma ferramenta para a compreensão de diferentes aspectos da colaboração científica.

### 3.2. ANÁLISE DE REDES SOCIAIS (ARS)

As redes se constituem como uma ferramenta para representar, de forma ilustrativa, as interações entre indivíduos ou grupos de indivíduos (ALEJANDRO;

NORMAN, 2005); portanto, pressupõem agrupamentos, fenômenos coletivos que implicam relacionamento de grupos, pessoas, organizações ou comunidades (TOMAÉL; ALCARÁ; DI CHIARA, 2005). Com base nessa concepção, as redes sociais podem ser definidas como um conjunto de atores (nós) que se relacionam (ligações) uns com os outros (HANNEMAN; RIDDLE, 2005). Esses atores podem ser pessoas, organizações, países ou outras unidades, e as ligações representam relações sociais (ex. parentesco, afiliações, interações etc.) entre eles.

Considerando que comportamentos individuais estão relacionados à estrutura social a que pertencem (LOIOLA; BASTOS; REGIS, 2015), as redes e sua compreensão têm sido utilizadas por pesquisas em diferentes áreas do conhecimento, buscando compreender fenômenos sociais de forma abrangente. O entendimento é de que a análise da interação entre duas pessoas só possui lógica na análise da própria estrutura a que pertencem, uma vez que sua posição na comunidade tem efeito sobre sua forma, conteúdo e função (MARTELETO, 2001).

Em suma, a Análise de Redes Sociais (ARS) é um método (WASSERMAN; FAUST, 1994) que “propõe perceber grupos de indivíduos conectados como rede social, extraindo, a partir de teoremas dos grafos, propriedades estruturais e funcionais das observações empíricas” (SILVA; REGIS, 2015, p. 23-24). A análise entende a estrutura social como uma “rede de relações e limitações que pesa sobre as escolhas, as orientações, os comportamentos, as opiniões dos indivíduos” (MARTELETO, 2001, p. 72), preocupando-se, pois, em entender as ligações entre atores sociais e suas implicações (WASSERMAN; FAUST, 1994).

A análise de redes não deve ser considerada como uma teoria formal com leis, proposições ou correlações específicas, mas sim uma estratégia que pode ser utilizada para investigar estruturas sociais (EMIRBAYER; GOODWIN, 1994). Dessa forma, é empregada em estudos como de fluxo e transferência da informação (MARTELETO, 2001), diversidade, interação e configuração de relacionamentos (PEIXOTO; RIBEIRO; BRITO, 2015), desenvolvimento local (OLIVEIRA; CABRAL, 2015), interações e repercussões de temas em mídias sociais (RECUERO, 2014), gestão organizacional (CROSS; PRUSAK, 2002) e outros.

No que se refere à gestão organizacional, Cross e Prusak (2002) consideram que as redes sociais podem ser uma ferramenta poderosa utilizada pelos gestores para auxiliar no desempenho de suas funções, entendendo que é por meio das redes

sociais informais – e não somente pela hierarquia tradicional da organização – que a informação é encontrada e que os trabalhos são realizados. Em seu estudo os autores definem estratégias para gerenciar essas redes, através da identificação das pessoas que detêm papéis críticos na ligação entre os atores do grupo.

Para tanto, Cross e Prusak (2002) reconheceram quatro papéis comuns de profissionais, cujo desempenho é crucial para a produtividade de qualquer organização. Primeiro, há os conectores centrais (*central connectors*), que ligam a maioria das pessoas na rede. Eles geralmente não são líderes formais dentro de uma unidade ou departamento, mas sabem quem pode fornecer informação crucial, conhecimento ou experiência necessária para a realização dos trabalhos na rede. Segundo, há os expansores de fronteiras (*boundary spanners*), que conectam a rede com outras partes da instituição ou com redes similares em outras organizações. A interação com indivíduos pertencentes a diferentes grupos externos à rede possibilita o compartilhamento de experiências e o acesso a novas informações, viabilizando, por exemplo, o estabelecimento de alianças estratégicas ou a obtenção de conhecimentos para o desenvolvimento de novos produtos. Terceiro, há os corretores de informações (*information brokers*), que mantêm a comunicação dos diferentes subgrupos de uma rede. A retirada desses atores pode fragmentar a rede como um todo em segmentos menores, menos efetivos. Finalmente, há os especialistas periféricos (*peripheral specialists*), que correspondem aos indivíduos com alto conhecimento ou experiência em alguma área específica, possuindo um perfil mais solitário com foco em estar à frente de suas áreas, mantendo-se assim numa posição à margem na rede (CROSS; PRUSAK, 2002). Para os autores (2002), a gestão das redes informais é fundamental para aumentar a eficácia dos grupos de trabalho e aumentar a produtividade organizacional.

Portanto, o conhecimento das redes sociais numa organização e como elas se estabelecem em torno do trabalho, pode proporcionar informações valiosas para melhoria do desempenho institucional, constituindo-se numa estratégia gerencial, o que para Silva e Regis (2015) constitui-se numa das maiores contribuições contemporâneas da ARS nas organizações. Essa ferramenta também pode ser aplicada à gestão de redes de colaboração científica em instituições de CT&I.

Com o intuito de proporcionar uma maior compreensão sobre a aplicabilidade da ARS, são expostos no quadro abaixo os conceitos fundamentais da área:

Quadro 1 – Conceitos fundamentais da ARS

| Elemento                      | Definição  |
|-------------------------------|--|
| <b>Redes</b>                  | <p>Conjunto de relações sociais entre um conjunto de atores (EMIRBAYER; GOODWIN, 1994); são estruturas que representam relações, constituídas por um conjunto de nós ligados entre si (BORGATTI; FOSTER, 2003; HANNEMAN; RIDDLE, 2005).</p> <p>A representação gráfica de uma rede é chamada de grafo (ALEJANDRO; NORMAN, 2005).</p>   |
| <b>Nós (atores, vértices)</b> | <p>São unidades sociais individuais ou coletivas (WASSERMAN; FAUST, 1994); pessoa, grupo, organização, objeto, evento, ou outros, ligados a outros em uma rede (EMIRBAYER; GOODWIN, 1994).</p> <p>Embora sejam chamados de atores, não possuem, necessariamente, a capacidade de “agir” (WASSERMAN; FAUST, 1994).</p>  |
| <b>Ligações (arestas)</b>     | <p>São os laços existentes entre dois ou mais nós, representados na rede como linhas (ALEJANDRO; NORMAN, 2005). Relações entre atores numa rede. Exemplo de ligações: relações biológicas (descendência, parentesco); associação ou afiliação (a departamento ou empresa); movimentação (migração, mobilidade social ou física); relações formais (autoridade, hierarquia), dentre outros (WASSERMAN; FAUST, 1994).</p> <p>As relações podem ser direcionais ou não direcionais. As ligações direcionais são aquelas que têm origem num ator e destino noutro, ou seja, há direção na relação. Nesse caso, a ligação é representada por uma seta que indica o seu fluxo, que pode ser unidirecional (→) ou bidirecional (↔). As ligações não direcionais, por sua vez, não possuem origem e destino, não havendo, portanto, direção na relação (WASSERMAN; FAUST, 1994). Um exemplo de ligação direcional seria a venda um bem ou a citação de um artigo; já uma ligação não direcional poderia ser o compartilhado de autoria de uma obra entre dois ou mais autores.</p> <p>As ligações entre dois atores podem ainda ser intensas ou fortes, a depender da quantidade de relações os envolvem (WASSERMAN; FAUST, 1994). Na representação das redes, a intensidade das relações pode ser indicada por cores ou espessura das linhas.</p> |
| <b>Componentes</b>            | <p>São subgrupos de nós conectados em uma rede, nos quais qualquer nó pode alcançar outro do subgrupo a partir de intermediários (NEWMAN, 2004). O componente não possui ligações com os nós externos ao subgrupo (WASSERMAN; FAUST, 1994), pois não há caminho entre eles, ou seja, o componente constitui-se em uma rede desconectada, fragmento de rede (LOIOLA; BASTOS; REGIS, 2015).</p> <p>O componente gigante corresponde ao subgrupo com maior número de nós na rede (OBSERVATÓRIO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM SAÚDE, 2016).</p>   |



|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Comunidades</b> | São sub-redes densas (com maior conexão entre seus nós do que com os demais fora do grupo) inseridas numa rede maior (NEWMAN, 2012). As comunidades podem indicar, por exemplo, grupos de amigos ou pessoas que compartilham alguma afinidade, dentro de uma rede social, ou setores/departamentos dentro da estrutura de uma empresa, dentre outros. |
|--------------------|---|

Fonte: Elaboração própria, a partir de Alejandro; Norman, 2005; Borgatti; Foster, 2003; Emirbayer; Goodwin, 1994; Hanneman; Riddle, 2005; Loiola; Bastos; Regis, 2015; Newman, 2004; Newman, 2012; Observatório em Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde, 2016; Wasserman; Faust, 1994.

A visualização da representação gráfica das interações entre diferentes atores nem sempre é suficiente para realizar uma análise em profundidade acerca do papel de cada indivíduo dentro da rede e da rede em geral (ALEJANDRO; NORMAN, 2005). Para tanto, a ARS utiliza técnicas matemáticas e gráficas e dispõe de indicadores e métricas capazes de retratar as propriedades de uma rede como um todo ou de seus atores (nós) individualmente (FONSECA et al., 2017). Essas técnicas permitem a análise de uma grande quantidade de dados para compreensão de padrões de relacionamentos de uma rede (HANNEMAN; RIDDLE, 2005).

A estrutura das redes e suas interações podem, portanto, ser analisadas por diversos indicadores, individuais (nós) ou de rede, conforme as informações que se deseja obter. Abaixo estão expostas as principais métricas da ARS, adotadas no presente estudo, seguido de quadro resumido das métricas (Quadro 2, p. 55).

#### Número de Nós

Número de atores envolvidos numa rede, o que indica o tamanho da rede como um todo (FONSECA, 2015).

#### Número de Ligações

Número de conexões entre os nós existentes numa rede (FONSECA, 2015). Junto com o número de nós, auxilia na indicação do tamanho da rede.

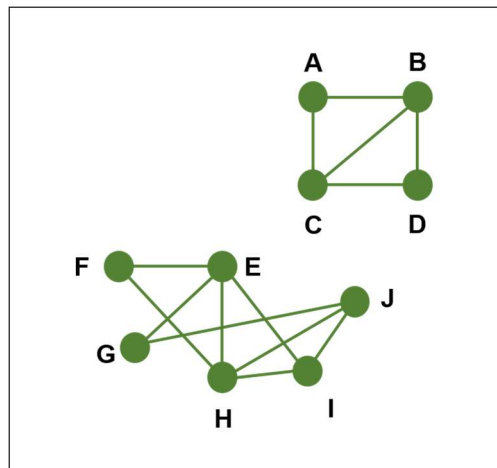
#### Número de componentes

Número de subgrupos (desconectados dos demais) presentes na rede analisada. A quantidade de componentes indica a conexão de uma rede: se há apenas um componente no gráfico, a rede está conectada, pois há ligação, direta ou indireta, entre todos os nós; havendo mais de um componente, ela está desconectada, uma

vez que há nós ou conjunto de nós isolados na rede (WASSERMAN; FAUST, 1994). Ademais, quanto maior o componente gigante (número de nós contidos), mais conectada é a rede (OBSERVATÓRIO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM SAÚDE, 2016).

Para ilustrar, na figura abaixo é possível observar uma rede com dois componentes:

**Figura 5** – Representação de rede com dois componentes



Fonte: Elaboração própria.

Nota: A rede possui dez nós, catorze ligações entre eles e dois componentes – o primeiro formado pelos nós A, B, C e D, e o segundo por E, F, G, H, I e J.

### Centralidade

Métrica individual que descreve a importância de um nó na rede. Quanto mais central é o nó, de mais relações ele dispõe, o que o torna mais visível perante os demais e com maior acesso e controle na rede. Portanto, uma maior centralidade indica uma posição mais estratégica, sendo maior a sua importância no conjunto (FONSECA, 2015; WASSERMAN; FAUST, 1994).

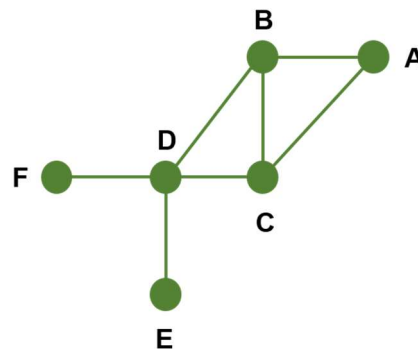
Não se trata, entretanto, de uma posição fixa na rede, hierarquicamente determinada. Na verdade, a centralidade em uma rede traz consigo a ideia de poder: quanto mais central é um indivíduo (nó) diante dos demais, mais bem posicionado ele está em relação às trocas e à comunicação, e, portanto, maior o seu poder no grupo (MARTELETO, 2001). Nesse sentido, Newman (2004) afirma que a centralidade é considerada uma medida de influência dos indivíduos que têm maior acesso a fluxo de informações.

Há diferentes tipos de centralidade. No âmbito deste estudo, serão empregadas somente a centralidade de grau (*degree centrality*) e centralidade de intermediação (*betweenness centrality*), explanadas abaixo.

Centralidade de grau: equivale ao número de indivíduos ao qual este ator está diretamente ligado (ALEJANDRO; NORMAN, 2005). Quanto maior o grau de centralidade de um nó, mais ativo ele é, pois dispõe de maior número de ligações com os demais nós (WASSERMAN; FAUST, 1994).

No exemplo abaixo, é possível visualizar uma rede com seis nós e sete ligações entre si, dispostos num único componente. Analisando a centralidade de grau, observamos que o nó D é o mais central, possuindo quatro ligações ao todo (D>B; D>C; D>E; D>F); os demais nós possuem três, duas ou uma conexão com os demais nós.

**Figura 6** – Representação de rede com seis nós



Fonte: Elaboração própria.

No contexto de redes de coautoria, um nó com alta centralidade de grau está altamente conectado com outros, podendo receber mais informações, conhecimentos e recursos (LI; LIAO; YEN, 2013). Essa medida é fundamental para a identificação de atores centrais das redes de colaboração científica:

A centralidade de grau é uma medida da influência, acesso ou controle direto que uma instituição ou pesquisador tem em relação a seus contatos. Quanto maior o valor de centralidade de grau maior o contato direto com muitos membros da rede, tornando a instituição ou pesquisador um ponto focal de comunicação na rede (OBSERVATÓRIO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM SAÚDE, 2016, p. 10).

Centralidade de intermediação: refere-se à medida que um nó atua como conexão entre outros nós da rede (FONSECA; ZICKER, 2016). Corresponde à

quantidade de vezes que um determinado nó atua como “ponte” no “caminho” mais curto entre dois atores (FONSECA, 2015; ALEJANDRO; NORMAN, 2005). A atuação de um nó como intermediário pode representar algum controle deste sobre a interação entre os nós não conectados diretamente (WASSERMAN; FAUST, 1994).

Li, Liao e Yen (2013) consideram que uma alta centralidade de intermediação permite o acesso a informações e recursos não redundantes. Nas redes de colaboração científica, isso pode levar a uma melhoria das publicações e, conseqüentemente, a maiores citações da produção.

Para Alejandro e Norman (2005), essa medida é importante porque demonstra a importância de um ator no controle da comunicação de uma rede, ou seja, a sua capacidade de intermediar as comunicações entre os pares de nós. Assim, a centralidade de intermediação permite a identificação de atores que podem controlar as informações que circulam na rede e o trajeto que elas percorrem (MARTELETO, 2001).

Por exemplo, em pesquisa realizada sobre a rede de colaboração da comunidade científica de física, Newman (2004) demonstrou que poucos cientistas (aqueles mais bem conectados) são responsáveis por intermediar a maioria das relações entre pesquisadores mais distantes, ou seja, poucos indivíduos com o controle da informação da rede. É interessante, portanto, a utilização dessa medida nas análises de redes para identificação de atores com papéis de destaque na realidade estudada.

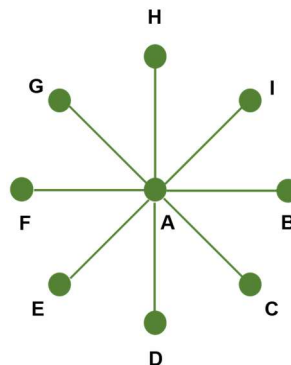
Para permitir a comparação entre a centralidade de diferentes atores, as medidas são normalizadas com valores entre 0 a 1. No cálculo para a centralidade de grau, deve-se dividir a medida do ator pelo número de nós na rede menos 1 (o próprio nó); já para a centralidade de intermediação, divide-se a medida do ator pelo número de pares de nós na rede que não incluem o próprio nó (FONSECA, 2015).

### Centralização

O grau de centralização é uma medida de rede que indica o quanto esta comporta-se como uma rede estrela, que corresponde ao formato de rede mais centralizada, ou o quanto ela está distante disso, apontando para uma rede mais conectada (ALEJANDRO; NORMAN, 2005).

A figura abaixo representa uma rede estrela, em que é possível observar que um único ator (A) está conectado a todos os outros atores, o que indica que A tem o poder de controlar toda a rede.

**Figura 7** – Rede Estrela



Fonte: Elaboração própria.

### Diâmetro

Refere-se à maior distância entre dois nós, ou seja, o número máximo de intermediários necessários para conectar dois nós quaisquer numa rede. A medida, no entanto, inclui somente os nós presentes no maior componente da rede (NEWMAN, 2001).

O diâmetro de um grafo é importante porque indica a coesão de um grafo. Um diâmetro baixo, em relação ao tamanho do grafo, sugere uma rede coesa, ou seja, bem conectada e pouco vulnerável à retirada de alguns nós ou ligações (WASSERMAN, 1994).

### Comprimento médio de caminho

Corresponde à distância média entre todos os pares de nós (CAMPOS et al., 2017). Quanto menor o valor do comprimento médio de caminho, mais direta é a conexão entre os nós (FONSECA; ZICKER, 2016) e o fluxo de informações dentro da rede, tornando-a mais eficiente (OBSERVATÓRIO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM SAÚDE, 2016).

### Coeficiente de *clustering*

Mede o quanto os nós da rede estabelecem um agrupamento (*cluster*) perfeito, no qual todos os nós estão conectados entre si. Corresponde à “razão entre o número de ligações reais entre os vizinhos de um nó em relação ao maior número possível de ligações entre esses vizinhos” (FONSECA, 2015, p. 53), apontando em que medida os nós da rede tendem a se agrupar. Um coeficiente alto indica alta conexão entre os nós da rede (FONSECA; ZICKER, 2016).

### Modularidade

Métrica de rede utilizada para avaliar em que medida a rede se estrutura em módulos, grupos ou comunidades. O pertencimento a uma comunidade indica que o grupo de nós nela contida se relaciona mais frequentemente no próprio grupo do que com os nós externos ao grupo (OBSERVATÓRIO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM SAÚDE, 2016).

Em redes pequenas, é possível identificar as comunidades pela visualização da estrutura de redes; em redes maiores ou mais densas, no entanto, torna-se imperiosa a adoção de cálculos para detecção das comunidades (NEWMAN, 2012).

O valor da modularidade varia entre -1 e 1 (FONSECA, 2015). Se o número de ligações dentro de um determinado subgrupo for maior do que se encontraria numa rede randômica, o valor da modularidade será positivo e o subgrupo será considerado uma comunidade. Quanto maior o valor da modularidade, maior a divisão da rede em comunidades (NEWMAN, 2012).

### Número de comunidades

Quantidade de sub-redes densas dentro da rede em análise (vide figura abaixo). Segundo Newman (2012), a identificação das comunidades é importante para a compreensão da rede em sua totalidade.

**Figura 8** – Representação de rede com três comunidades



Fonte: Elaboração própria.

Nota: A rede possui um componente e três comunidades, indicadas por cores (verde, laranja e amarelo).

### Densidade

Métrica que indica a alta ou baixa conectividade da rede. O cálculo da densidade é feito pela divisão da quantidade de relações existentes pelo número de relações possíveis (ALEJANDRO; NORMAN, 2005), sendo representado por um valor entre 0 (rede totalmente desconectada) e 1 (rede completa, com todas as ligações possíveis) (WASSERMAN; FAUST, 1994).

Quando relativa à rede como um todo – aplicação que interessa ao presente estudo –, a medida é utilizada para avaliar a coesão do grupo (WASSERMAN; FAUST, 1994). Assim, quanto maior a densidade, maior quantidade de conexões entre os nós e maior coesão da rede; ao contrário, uma baixa densidade indica uma rede esparsa, com poucas ligações (FONSECA, 2015).

Cabe observar que a densidade é uma métrica sensível ao tamanho do grafo, pois há uma tendência de maior conexão entre os nós em uma rede pequena (MOLINER; GALLARDO-GALLARDO; DE PUELLES, 2017).

### Grau médio

Medida que corresponde ao número médio de conexões diretas entre os nós da rede. Quanto maior o grau médio, mais conectada é a rede (FONSECA; ZICKER, 2016).

A comparação do grau médio entre anos ou períodos diferentes pode indicar as mudanças na estrutura da rede ao longo do tempo (MOLINER; GALLARDO-GALLARDO; DE PUELLES, 2017).

O quadro abaixo apresenta um resumo das principais métricas de ARS apresentadas.

**Quadro 2** – Quadro resumido das principais métricas de ARS

| Métrica                          | Aplicação |           | Descrição   |
|----------------------------------|-----------|-----------|---|
|                                  | Rede      | Nó (ator) |   |
| Número de nós                    | X         |           | Número de atores envolvidos numa rede.  |
| Número de ligações               | X         |           | Número de conexões (relações) existentes numa rede.   |
| Número de componentes            | X         |           | Número de componentes (subgrupos desconectados dos demais) existentes na rede.  |
| Centralidade de grau             |           | X         | Medida que corresponde ao número de atores ao qual um nó está diretamente ligado.   |
| Centralidade de intermediação    |           | X         | Medida que corresponde a quantas vezes um nó atua como intermediário na conexão mais curta entre dois outros nós.                                 |
| Diâmetro                         | X         |           | Maior distância (número de intermediários) entre dois nós na rede.  |
| Comprimento médio de caminho     | X         |           | Distância média entre todos os pares de nós.  |
| Coeficiente de <i>clustering</i> | X         |           | Medida que indica o quanto os nós da rede estabelecem um agrupamento ( <i>cluster</i> ) perfeito, no qual todos os nós estão conectados entre si. |
| Modularidade                     | X         |           | Métrica utilizada para verificar a tendência da rede de se dividir em módulos, grupos ou comunidades.   |
| Número de comunidades            | X         |           | Quantidade de sub-redes densas dentro da rede em análise.   |



|            |   |  |   |
|------------|---|--|---|
| Densidade  | X |  | Métrica que indica a conectividade (alta ou baixa) da rede. |
| Grau médio | X |  | Número médio de conexões diretas dos nós da rede            |

Fonte: Elaboração própria, a partir de Alejandro; Norman, 2005; Campos et al., 2017; Fonseca, 2015; Fonseca; Zicker, 2016; Moliner; Gallardo-Gallardo; De Puelles, 2017; Newman, 2001; Newman, 2012; Wasserman, 1994.

### 3.2.1. ARS como instrumento para gestão de CT&I

Novas abordagens e ferramentas têm sido necessárias para auxiliar o planejamento estratégico e a gestão da pesquisa. A ARS se apresenta como uma ferramenta em potencial, pois gera informações sobre as redes científicas nas quais pesquisadores e instituição de C&T estão inseridas. A análise dessas redes na área da saúde tem sido utilizada para mapear e medir relacionamentos entre pesquisadores e instituições, descrevendo estruturas de colaboração, papéis dos diferentes atores e resultados de pesquisa, identificando, dessa forma, lacunas de conhecimento e oportunidades e cooperação (FONSECA; ZICKER, 2016).

Na literatura, o estudo da colaboração científica, adotando a ARS como instrumento de análise, vem sendo utilizada para identificar e mapear redes de colaboração e suas contribuições para o desenvolvimento de determinadas áreas de pesquisa (BENDER, 2015; CAMPOS et al., 2017; HAGEL et. al., 2017; MOLINER; GALLARDO-GALLARDO; DE PUELLES, 2017); compreender padrões de colaboração científica (NEWMAN, 2004), de modo a gerar informações que subsidiem o planejamento estratégico, tomada de decisões e outros processos subjacentes à gestão de instituições de pesquisa (FONSECA, 2015; FONSECA et al., 2017), e ainda a formulação de políticas e financiamento da pesquisa (FONSECA; ZICKER, 2016); entender as formas de colaboração existentes em determinado grupo e fatores que influenciam o seu estabelecimento (HARA et al., 2003; LIMA; VELHO; FARIA, 2007); analisar a colaboração internacional na pesquisa (WAGNER; LEYDESDORFF, 2005), dentre outros fins.

No Brasil, Morel, Serruya, Penna e Guimarães publicaram, em 2009, um dos primeiros trabalhos que sugerem o uso da ARS no planejamento de políticas em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). O artigo (MOREL et al., 2009) utiliza o caso de um programa lançado pelo Ministério da Saúde (MS) para financiar pesquisa,

desenvolvimento e capacitação voltados para doenças negligenciadas com foco nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste brasileiro. O estudo realizou o mapeamento das redes de coautoria em publicações de cientistas brasileiros nas áreas de pesquisa selecionadas pelo programa, utilizando a ARS como método, o que permitiu a caracterização das redes por área de trabalho, a identificação de instituições e autores que desempenham os papéis centrais nas redes, os localizados em pontos críticos e ainda aqueles que participam da colaboração científica internacional na área.

Para os autores (2009), critérios tradicionais, como produtividade de pesquisadores e fator de impacto de publicações científicas, são limitados para monitorar e avaliar propostas de pesquisa, programas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e destinação de investimentos, sobretudo em áreas de baixa produtividade ou com recursos humanos escassos, uma vez que privilegia cientistas e instituições mais produtivos, constituindo-se, dessa forma, numa barreira para o progresso de novas carreiras e instituições menos desenvolvidas.

Na experiência apresentada, duas análises se mostraram importantes para a geração de informações: a identificação e caracterização dos componentes das redes e a identificação e caracterização dos pontos críticos das redes. A primeira revelou quão fragmentadas são as redes, evidenciando oportunidades de ações estratégicas. A segunda possibilitou a identificação de instituições e pesquisadores que desempenham o papel crítico de manter conectados diversos atores das regiões foco do programa (Norte, Nordeste e Centro-Oeste) nas redes de pesquisa estudadas, merecendo, portanto, investimentos, para seu fortalecimento.

Com base nos critérios tradicionais fundamentados em dados de produtividade científica, regiões menos desenvolvidas do país ficariam em desvantagem quando comparadas com as regiões Sul e Sudeste, mais desenvolvidas (MOREL et al., 2009). As análises realizadas permitiram conhecer outros atores importantes para as redes além daqueles identificados tradicionalmente.

Outros trabalhos brasileiros vêm sugerindo a utilização da ARS para a gestão em CT&I em saúde. Por exemplo, Vasconcellos e Morel (2012) realizaram um estudo em que analisam as redes de publicações e patentes de autoria de brasileiros na área de tuberculose, buscando compreender a articulação entre as competências instaladas no país para pesquisar a doença e o caminho entre a bancada dos laboratórios e a indústria e mercado. Para tanto, utilizaram como metodologia a) a análise de redes de coautoria no estudo de tuberculose e b) uma pesquisa documental

acerca de patentes de origem nacional depositadas sobre o tema. A análise de redes apresentou os atores (pesquisadores e instituições) com maior centralidade de intermediação em suas respectivas redes, o que possibilitou posterior comparação entre os autores (pesquisadores) mais produtivos (com mais artigos publicados) e os mais centrais nas redes de pesquisa em tuberculose no Brasil, e entre as instituições mais produtivas e as mais centrais na rede institucional de tuberculose.

A comparação entre a análise de redes realizada e os dados de patentes apontou, dentre outros, que a produção de artigos e patentes na área está concentrada em universidades públicas e institutos de pesquisa, havendo participação limitada da indústria nesse processo. Assim, o trabalho também conclui que há uma baixa cooperação e falta de comunicação entre a academia e a indústria na área de tuberculose. Vasconcellos e Morel (2012) consideram que os resultados demonstram a importância de manutenção e continuidade das políticas brasileiras para o desenvolvimento de produção e do apoio governamental a projetos de infraestrutura para a pesquisa.

Para os autores (VASCONCELLOS; MOREL, 2012, p. e45569),

Studies of this nature should be applied to other technological fields to contribute to the betterment of public policy planning and innovation management through the mapping of actors and key institutions and the identification of bottlenecks in the process of generating and granting patent protection to new products and processes<sup>15</sup>.

Vale destacar também estudos mais recentes. Bender e outros (2015) mapearam e analisaram redes de coautoria de artigos da Alemanha publicados sobre pesquisa em Doenças Tropicais Negligenciadas (DTN), a fim de identificar e avaliar as contribuições do país na área e fornecer dados para tomada de decisão em políticas de saúde. Como resultados, os autores observaram que a participação da Alemanha em publicações globais sobre DTN corresponde a aproximadamente metade das publicações em outros campos de pesquisa médica. Ademais, identificaram as instituições nacionais com atuações mais relevantes na área e os principais parceiros no exterior, que em geral estão localizados em países

---

<sup>15</sup> “Estudos desta natureza devem ser aplicados em outros campos tecnológicos para contribuir para o melhoramento do planejamento de políticas públicas e gestão de inovação através do mapeamento de atores e instituições-chave e identificação de estrangulamentos no processo de geração e concessão de proteção de patentes a novos produtos e processos” (VASCONCELLOS; MOREL, 2012, p. e45569, tradução nossa).

desenvolvidos e no Brasil. Nas redes de coautoria individuais de pesquisadores, a análise apontou os cientistas com maior performance em DTN e possíveis talentos.

Fonseca e Zicker (2016) realizaram uma análise da rede científica de dengue envolvendo organizações brasileiras, incluindo parceiros no exterior, com foco na descrição da colaboração institucional e seus resultados de pesquisa, no intuito de gerar informações que pudessem subsidiar decisões políticas, planejamento e financiamento na área. O resultado da análise da coautoria institucional, cujos nós da rede representam as instituições às quais são filiados os atores dos artigos científicos publicados e as ligações correspondem ao compartilhamento da coautoria do artigo, mostrou uma expansão significativa da colaboração ao longo dos anos observados, com aumento do envolvimento internacional. Além disso, o estudo traçou o perfil de colaboração institucional e identificou as organizações nacionais que desempenham um papel de liderança na rede, facilitando a troca de conhecimentos entre os diferentes atores, mantendo a conectividade e reduzindo a vulnerabilidade da rede. O trabalho ainda compara os resultados encontrados com ações do Ministério da Saúde ao longo dos anos na área da dengue, sugerindo relação entre eles.

Por meio de uma série de indicadores de ARS adotados no estudo, o artigo concluiu, dentre outros, que a rede de pesquisa de dengue é eficaz na geração, compartilhamento e difusão de conhecimentos, mantida por instituições-chave centrais, mas com praticamente ausência do setor privado na colaboração na área. Para os autores, o aumento das atividades de pesquisa e colaboração não influenciou significativamente na diminuição da incidência da doença, o que sugere uma “tradução limitada dos esforços de pesquisa e desenvolvimento em soluções para a saúde pública” (FONSECA; ZICKER, 2016, tradução nossa).

A epidemia do vírus Ebola na África em 2014/2015 deu ensejo ao estudo desenvolvido por Hagel e outros (2017), que analisou a evolução da pesquisa sobre a doença, por meio das redes de pesquisa existentes antes e durante a epidemia. O trabalho concluiu, entre outros, que, desde a primeira epidemia em 1976, a rede de pesquisa sobre Ebola vem crescendo ao longo dos anos, mas está concentrada em torno de alguns atores-chave, o que, segundo os autores, indica que há espaço para promover maior integração e cooperação entre instituições, sobretudo com aquelas menos conectadas e mais periféricas da rede. Além disso, identificou que a maior parte dos autores dos artigos publicados sobre Ebola estão localizados em instituições

dos Estados Unidos, Canadá e Europa, e que as colaborações com parceiros da África existiam, porém de modo menos frequente.

Ante a ausência de tratamentos eficazes para a doença, o estudo questiona a eficácia e eficiência das redes de pesquisa na área e sugere a necessidade de ações para direcionar e concentrar a pesquisa em torno de soluções. Para Hagel e outros (2017), essa orientação poderia ser feita por meio de editais e chamadas de agências públicas, que financiam a maioria das instituições da rede estudada.

O trabalho de Fonseca e outros (2017) explorou a evolução e dinâmica da rede científica de tuberculose envolvendo a Fiocruz, tanto com parceiros nacionais quanto internacionais. A análise de coautoria realizada no estudo mostrou uma significativa expansão da colaboração no Brasil e o papel da Fiocruz e de outras instituições nacionais na manutenção da conectividade da rede de colaboração, reduzindo sua vulnerabilidade e facilitando a troca de conhecimentos, além de apontar os pesquisadores mais influentes da rede, que podem atuar como líderes e dar suporte a decisões estratégicas na área.

A análise da rede de colaboração interna da Fiocruz permitiu observar que há uma descontinuidade entre as áreas de pesquisa clínica e de saúde pública, o que prejudica o fornecimento de soluções para a população, baseada nas pesquisas realizadas (FONSECA et al., 2017). Ao mesmo tempo, aponta uma fragmentação da rede, o que, para os autores, representa oportunidades de integração, inclusive entre grupos de pesquisa que trabalham em áreas complementares, quando considerada a área de atuação dos pesquisadores na análise.

Os diversos estudos apresentados demonstram a ARS como uma abordagem capaz de fornecer subsídios para a elaboração de políticas, planejamento, monitoramento, avaliação e gestão da CT&I, baseado em informações relativas à interação entre os diversos atores envolvidos. É importante destacar, entretanto, que a gestão de CT&I não deve se basear exclusivamente nos padrões de colaboração identificados na ARS, sendo necessário, assim, outras informações, dados e análises que deem maior subsídio para as decisões na área.

#### 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa adotou como método a Análise de Redes Sociais, com o objetivo de compreender a dinâmica das redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco nos últimos dez anos (2008 a 2017) e suas contribuições para o desenvolvimento da pesquisa na instituição. Conforme observado anteriormente (Seção 3.2.1), a ARS tem sido utilizada em estudos organizacionais, constituindo-se em importante fonte de informações para questões de ordem prática e decisões políticas e de gestão, contribuindo assim tanto com a pesquisa acadêmica quanto para organizações.

A utilização da ARS possibilitou a análise de diferentes perspectivas sobre a colaboração científica, considerando a estrutura social e as relações existentes – entre instituições, pesquisadores e áreas de pesquisa – como base para a caracterização e compreensão do fenômeno na instituição. O estudo foi delimitado ao contexto da Fiocruz Pernambuco, pois pretendeu-se explorar apenas as redes de colaboração científica da instituição, sem a pretensão de efetuar, neste estudo, comparações com outras organizações – o que pode, no entanto, vir a ser feito em pesquisas futuras.

Para fundamentação teórica das áreas relacionadas ao estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, sobretudo em artigos científicos, abrangendo as temáticas da colaboração científica e teoria das redes. Para a caracterização da organização, além da pesquisa bibliográfica, foi realizada uma pesquisa documental. A fundamentação teórica, bem como a caracterização da Fiocruz Pernambuco, deu subsídios para a realização das análises dos dados coletados na pesquisa.

Na coleta de dados, o estudo buscou dispor de diferentes fontes de informação, com o objetivo de fortalecer as evidências acerca dos resultados encontrados. Para tanto, foram utilizados dados quantitativos sobre as colaborações científicas da Fiocruz Pernambuco e qualitativos acerca do discurso e percepção de gestores e pesquisadores da instituição sobre a colaboração científica e suas contribuições para o desenvolvimento da pesquisa, contando como fontes, respectivamente, documentos e entrevistas.

O uso de dados quantitativos acerca das redes de colaboração, considerando aqueles relativos às publicações científicas em coautoria pelos pesquisadores da instituição, levou à descrição de parte do fenômeno, possibilitando o conhecimento do

padrão de colaboração da Fiocruz Pernambuco. Os dados qualitativos, por sua vez, permitiram o aprofundamento do estudo, por meio da compreensão da maneira pela qual os indivíduos/atores definem e interpretam a colaboração científica na instituição e em suas pesquisas. Os dados quantitativos e qualitativos utilizados nesta pesquisa, mostraram-se, em separado, insuficientes para uma apreensão abrangente da realidade observada, sendo, por isso, utilizadas como complementares, conforme sugerem Minayo e Sanches (1993).

Portanto, adotou-se nesta pesquisa a perspectiva qualitativa-quantitativa no intuito de compreender de forma mais abrangente o fenômeno na Fiocruz Pernambuco, entendendo que entre essas abordagens há uma oposição complementar, capaz de produzir riqueza de informações, aprofundamento e maior fidedignidade interpretativa (MINAYO; DESLANDES; GOMES, 2008).

As informações acerca das publicações da Fiocruz Pernambuco foram extraídas da base de dados Web of Science (WoS), considerando as produções científicas dos últimos dez anos (2008 a 2017). Os dados de 2008 a 2016 foram cedidos por Fonseca, coletados no âmbito do projeto “Colaboração na área de saúde: uma análise do papel da Fiocruz nas redes regionais de ciência e tecnologia”, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e realizado em uma parceria entre a UFBA, Fiocruz Bahia e Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Saúde (CDTS/Fiocruz)<sup>16</sup>. Já os dados relativos a 2017 foram extraídos nesta pesquisa.

As coautorias das publicações levantadas forneceram as bases para a identificação, mapeamento e caracterização das redes de colaboração da instituição, por meio da ARS. O mapeamento das redes de colaboração científica, tanto em nível institucional quanto individual (pesquisadores), e ainda das áreas de pesquisa, permitiu a identificação do perfil de colaboração da Fiocruz Pernambuco, posições dos pesquisadores na rede e suas influências no desempenho organizacional, principais parceiros e áreas de atuação, possíveis estruturas frágeis na rede e potenciais focos para intervenção.

---

<sup>16</sup> O objetivo geral do projeto era analisar a colaboração científica da Fiocruz entre os anos de 1980 e 2016, com ênfase específica nas unidades regionais localizadas na Bahia e em Minas Gerais. A avaliação da unidade regional de Pernambuco não foi prevista no projeto, mas, uma vez que a coleta de dados foi realizada para todas as unidades da Fiocruz, os dados foram cedidos para a pesquisa desta dissertação.

Para análise quantitativa das redes mapeadas foram empregados indicadores propostos por Fonseca (2015) para avaliar aspectos relativos à colaboração científica, o que está explanado de forma detalhada no item 4.1 deste capítulo.

Já as entrevistas foram realizadas para coletar informações que não estão disponíveis em pesquisa bibliográfica nem documental, mas sim na fala cotidiana dos atores, presente nos discursos e relações, considerada por Minayo e Sanchez (1993) como o material primordial da pesquisa qualitativa. Portanto, trata-se da técnica eleita por esta pesquisa para complementar os dados quantitativos relativos às redes de colaboração. Para os autores:

[...] a fala torna-se reveladora de condições estruturais, de sistemas de valores, normas e símbolos (sendo ela mesma um deles), e, ao mesmo tempo, possui a magia de transmitir, através de um porta-voz (o entrevistado), representações de grupos determinados em condições históricas, sócio-econômicas e culturais específicas (p. 245).

As entrevistas foram realizadas concomitantemente à análise das redes de colaboração da Fiocruz Pernambuco, buscando compreender, sob a perspectiva de seus pesquisadores e gestores, o fenômeno da colaboração científica e suas contribuições para o desenvolvimento da pesquisa na instituição. Para tanto, foram escolhidos para entrevista os principais gestores da instituição na área da pesquisa científica – Diretor e Vice-Diretor de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Serviços de Referência – e os pesquisadores identificados como os mais centrais na análise das redes de colaboração científica. Os encontros aconteceram conforme a disponibilidade dos participantes e o contato foi facilitado pela relação e aproximação profissional estabelecida previamente no ambiente de trabalho, e pelo interesse institucional nos resultados deste estudo.

É importante salientar que, embora tenha havido uma categorização dos entrevistados entre gestores e pesquisadores, todos eles desempenham atividades de pesquisa na instituição, pois os cargos de gestão escolhidos para entrevista são ocupados por pesquisadores da Fiocruz Pernambuco. Isso significa que os gestores entrevistados responderam às perguntas sob a perspectiva da gestão, mas dispoem também de suas experiências enquanto pesquisadores.

Foram realizadas entrevistas em formato semiestruturado, com o objetivo de



obter detalhamento sobre o tema abordado. O roteiro<sup>17</sup> é iniciado com duas questões introdutórias, de modo a criar familiaridade do entrevistado com o tema escolhido, por meio de suas lembranças e experiências, e, ao mesmo tempo, acolher seu entendimento sobre o que representa uma colaboração científica bem-sucedida ou não. Em seguida, há questões sobre as principais colaborações da instituição e do pesquisador, como as colaborações são estabelecidas, o papel da colaboração científica para o desenvolvimento da pesquisa, a opinião do entrevistado acerca dos fatores que dificultam e facilitam a colaboração científica, e a colaboração no âmbito da Fiocruz e da unidade Pernambuco.

As questões permitiram que os entrevistados, além de identificarem as principais colaborações científicas em curso e como elas ocorrem, tecessem considerações quanto às barreiras extra científicas existentes no exercício da atividade de pesquisa, sugerissem ações para promoção de parcerias e refletissem sobre o desenvolvimento da ciência na instituição, gerando informações que ajudaram a alcançar dois objetivos específicos: a) identificar, mapear e caracterizar as redes de colaboração científica e b) analisar a percepção de pesquisadores e gestores acerca da colaboração científica e seu papel para o desenvolvimento da pesquisa na instituição.

Entende-se que “a função intersubjetiva da entrevista coloca o entrevistador como participante e construtor das produções discursivas na conversação”, conforme afirmam Godoi e Mattos (2006, p. 312). Por isso, o roteiro de perguntas foi utilizado de forma flexível, tendo sido possível a inserção de “outras perguntas ou participações no diálogo, conforme o contexto e as oportunidades, tendo sempre em vista o objetivo geral da entrevista” (GODOI; MATTOS, 2006, p. 305).

No início das entrevistas buscou-se deixar claro o objetivo do estudo, que é o de investigar a colaboração científica na Fiocruz Pernambuco e suas contribuições para o desenvolvimento da pesquisa, para que não fosse confundido com avaliação ou supervisão das atividades dos pesquisadores, de forma a deixar os entrevistados mais à vontade sobre o tema e evitar respostas distorcidas sobre o fenômeno em questão. Além disso, para facilitar o registro das informações e torná-las mais precisas, evitando anotações equivocadas, foi solicitada autorização a cada entrevistado para

---

<sup>17</sup> As perguntas formuladas para a entrevista foram inspiradas no artigo de Hara, et al. (2003), que faz um interessante estudo sobre colaboração científica, baseado tanto em análise de redes sociais quanto em entrevistas com os cientistas de um determinado centro de pesquisa.

gravação das entrevistas.

Em decorrência da utilização de entrevistas, técnica de coleta de dados que envolve seres humanos, o projeto desta pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Fiocruz Pernambuco. O CEP analisa e avalia aspectos éticos de projetos que, direta ou indiretamente, envolvem indivíduos ou coletividades e o ambiente com repercussões para os seres humanos (FIOCRUZ, 2007).

Na Fiocruz, a submissão dos projetos ao CEP constitui-se em uma prática acadêmico-científica. Ademais, diversas revistas científicas, sobretudo na área da saúde, exigem aprovação do projeto no CEP para divulgação de resultados das pesquisas que envolvem seres humanos. Uma vez que este estudo está voltado para as redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, instituição da área da saúde, há possibilidade de publicação de resultados em tais revistas, o que tornou ainda mais imperativa a aprovação do projeto pelo CEP.

A análise das entrevistas foi feita com base nos resultados obtidos nos indicadores adotados na pesquisa. Portanto, a discussão sobre as redes de colaboração da Fiocruz Pernambuco e suas contribuições para o desenvolvimento da pesquisa na instituição foi realizada a partir do cruzamento dos resultados dos indicadores de colaboração científica com as informações obtidas na entrevista, ou seja, tanto em evidências quantitativas quanto qualitativas.

#### 4.1. INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DAS REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA

A análise das redes de colaboração da Fiocruz Pernambuco foi realizada com base nos dados coletados acerca da coautoria de publicações científicas com participação de pesquisadores da instituição, utilizando indicadores propostos por Fonseca (2015)<sup>18</sup>, que fornecem subsídios para avaliação da colaboração científica, a partir da utilização da ARS, de modo a apoiar processos de planejamento estratégico e tomada de decisão (FONSECA, 2015). A adoção desses indicadores decorre do fato

---

<sup>18</sup> Indicadores propostos na tese de doutorado “Colaboração como estratégia para instituições de ciência e tecnologia em saúde: Uma proposta de indicadores para análise organizacional”, defendida no Programa de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) em 2015.

de que os mesmos permitem a obtenção de informações estratégicas sobre a colaboração científica em instituições de Ciência e Tecnologia (C&T), além de terem sido formulados por uma servidora da Fiocruz<sup>19</sup>, em avaliação de uma das Unidades da instituição, tendo passado portanto por teste prévio.

Fonseca (2015) propôs um total de sete indicadores: 1) Coeficiente de colaboração, 2) Colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico, 3) Sistema de conhecimentos, 4) Colaboração estruturada para inovação e desenvolvimento tecnológico, 5) Sistema de competências tecnológicas, 6) Índice de diversidade de colaboração e 7) Prospecção de parceiros. Para o presente estudo, foram excluídos aqueles relativos a evolução da colaboração, patentes e prospecção, tendo sido adotados, ao final, os três indicadores expostos a seguir, a fim de compreender o padrão de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco.

#### **i) Colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico**

Este indicador consiste na montagem de redes de colaboração científica, com base nos dados coletados acerca dos artigos científicos publicados em coautoria num determinado período. Para o presente estudo, foram consideradas as publicações científicas da Fiocruz Pernambuco nos últimos dez anos (2008 a 2017).

A visualização e análise da rede mapeada permite identificar a estrutura da rede (tamanho, centralidade, densidade, formação de comunidades e modularidade); os pesquisadores da instituição que mais colaboram, por meio da avaliação da centralidade de grau desses atores; aqueles mais influentes da instituição, a partir da avaliação da centralidade de intermediação desses indivíduos; o padrão institucional de colaboração (identificação e caracterização das principais instituições colaboradoras na publicação de artigos científicos).

Nesta pesquisa, o indicador foi utilizado na elaboração de cinco redes diferentes, cujos nós representaram pesquisadores ou suas instituições (afiliação), e a ligação entre eles correspondeu ao compartilhamento na autoria de uma publicação científica, com base nos dados coletados na WoS, conforme apresentado no quadro abaixo.

---

<sup>19</sup> Bruna Fonseca é servidora da Fiocruz, lotada no Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Saúde (CDTS/Fiocruz), investigando redes de colaboração em saúde e análise de redes como ferramenta de apoio a gestão de organizações de C&T, e é integrante do Observatório em Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde.

**Quadro 3** – Resumo do mapeamento de redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco

|   | <b>Rede</b>  | <b>Descrição</b>  | <b>Análise</b>  | <b>Métricas Aplicadas</b>  |
|---|--|---|---|--|
| 1 | Colaboração interinstitucional da Fiocruz Pernambuco com parceiros nacionais e internacionais, em dois períodos quinquenais (2008-2012 e 2013-2017) e um cumulativo (2008-2017). | Os nós correspondem às instituições (classificadas em nacionais ou internacionais) e a colaboração nas publicações científicas (coautoria) são representadas pelas ligações entre eles. | Identificação das principais instituições parceiras; visualização da evolução da rede nos períodos analisados; observação dos principais países parceiros e análise do padrão de colaboração institucional. | Número de nós e ligações; diâmetro; comprimento médio de caminho; coeficiente de <i>clustering</i> ; modularidade; número de comunidades; densidade. |
| 2 | Colaboração interinstitucional da Fiocruz Pernambuco com parceiros nacionais, classificados por tipo, período 2008-2017.   | Os nós correspondem às instituições nacionais (classificadas por tipo) e a colaboração nas publicações científicas (coautoria) são representadas pelas ligações entre eles.             | Identificação das principais instituições parceiras nacionais e tipos de parceiros mais recorrentes.  | Percentual dos tipos de instituições parceiras.  |
| 3 | Colaboração intrainstitucional da Fiocruz Pernambuco com as demais Unidades da Fiocruz, período 2008-2017.   | Os nós correspondem às Unidades da Fiocruz e a colaboração nas publicações científicas (coautoria) são representadas pelas ligações entre eles.   | Identificação das principais Unidades da Fiocruz parceiras, áreas de pesquisa mais relevantes nessas colaborações e oportunidades de melhoria de integração.  | Frequência de colaboração.   |

|   | Rede   | Descrição  | Análise  | Métricas Aplicadas  |
|---|--|--|--|---|
| 4 | Colaboração científica autoral da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017.         | Os nós correspondem aos pesquisadores (autores), classificados entre filiados à Fiocruz Pernambuco ou não, e a colaboração nas publicações científicas (coautoria) são representadas pelas ligações entre eles.                      | Identificação dos pesquisadores mais centrais da Fiocruz Pernambuco e observação do padrão de colaboração institucional.                 | Número de nós e ligações; diâmetro; comprimento médio de caminho; coeficiente de <i>clustering</i> ; modularidade; número de comunidades; grau médio.<br><br>Aplicado aos nós: centralidade de grau e de intermediação. |
| 5 | Colaboração científica autoral interna da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017. | Os nós correspondem aos pesquisadores (autores) declarados filiados à Fiocruz Pernambuco, classificados como servidores ou não, e a colaboração nas publicações científicas (coautoria) são representadas pelas ligações entre eles. | Identificação dos pesquisadores mais centrais da Fiocruz Pernambuco e observação do padrão de colaboração interna de seus pesquisadores. | Número de nós e ligações; grau médio; grau máximo; número de componentes; modularidade; número de comunidades; densidade; centralização.<br><br>Aplicado aos nós: centralidade de grau e de intermediação.              |

Fonte: Elaboração própria.

Na primeira rede, o período abrangente da pesquisa foi dividido em dois quinquênios (2008 a 2012 e 2013 a 2017) de modo a permitir a construção e posterior comparação das redes de cada período, e depois foi formada uma rede cumulativa dos dez anos, permitindo uma caracterização geral das colaborações da Fiocruz Pernambuco e a identificação dos principais parceiros, considerando as instituições (filiação dos autores/pesquisadores) como os nós das redes e as coautorias como as ligações entre elas. A segunda rede foi elaborada somente com instituições nacionais, para identificação dos principais parceiros no país e os tipos de instituições mais recorrentes. Na terceira rede foi mapeada apenas a estrutura interna da Fiocruz, considerando, para tanto, suas Unidades como os nós e a coautoria entre elas como as ligações. O objetivo foi identificar as principais parceiras dentro da Fiocruz e as áreas de pesquisa mais relevantes. Na quarta rede o foco voltou-se aos pesquisadores (autores das publicações científicas), para identificação dos cientistas mais centrais da Fiocruz Pernambuco e do padrão de colaboração existente. Por último, foi mapeada uma rede exclusivamente com os pesquisadores declarados filiados à Fiocruz Pernambuco, servidores ou não, de modo a identificar aqueles mais influentes internamente e como se organiza a colaboração dentro da instituição.

Deve-se observar que, em todos os casos, a filiação do pesquisador correspondeu a sua declaração de vinculação institucional na publicação em que consta como autor. Ademais, como a coautoria pressupõe uma cooperação recíproca entre os participantes, as conexões (ligações) foram consideradas não direcionais

Para elaboração da segunda rede, caracterizando as instituições parceiras por tipo, foi necessário classificar as organizações nacionais de acordo com a sua atividade principal, o que foi feito a partir das informações encontradas em suas páginas na *internet*. O quadro abaixo apresenta os tipos de instituições adotados no estudo com as respectivas atividades relacionadas:

**Quadro 4** – Classificação das instituições segundo a atividade principal

| Tipos de Instituições | Exemplos   |
|-----------------------|--|
| Ensino                | Instituições de ensino, universidades, faculdades, escolas técnicas, dentre outros.                    |
| Saúde                 | Hospitais, clínicas, centros de saúde, laboratórios clínicos, laboratórios centrais de saúde e outros. |

|          |   |
|----------|---|
| Pesquisa | Instituições, centros e laboratórios de pesquisa.   |
| Governo  | Governos municipais, estaduais ou federal, bem como órgãos da administração direta, como secretarias e ministérios.   |
| Empresa  | Instituições privadas, com fins lucrativos, que não se enquadram nos tipos anteriores.  |
| Outros   | Instituições, cuja atividade principal não se encaixa em uma das classificações anteriores, tais como fundações, organizações não-governamentais, instituições públicas com fins diversos e outras. |

Fonte: Elaboração própria.

É importante salientar que, uma vez que a classificação das instituições se baseou em suas atividades principais, as atividades secundárias podem ter sido subestimadas. Para ilustrar, as Universidades foram classificadas como de Ensino, embora possam realizar atividades de pesquisa e ainda de saúde, no caso de possuírem hospitais universitários, por exemplo.

## ii) Sistema de conhecimentos

Este indicador mapeia os conhecimentos da instituição a partir das publicações científicas. A rede permite visualizar o sistema de conhecimentos existente na instituição, bem como os padrões de interação entre as áreas de conhecimento, dados que proporcionam à instituição subsídios para “se posicionar em relação a outras organizações da área e explorar complementaridades e possíveis colaborações” (FONSECA, 2015, p. 74).

No tratamento dos dados para a construção dos mapas, a publicação científica foi considerada como unidade de análise para classificação das áreas de conhecimento. A classificação das áreas dos artigos científicos foi baseada nas categorias de áreas de pesquisa do WoS, disponíveis sobre cada publicação.

Para a construção do mapa de conhecimentos da Fiocruz Pernambuco, o período abrangente da pesquisa foi dividido em dois de modo a permitir a comparação das redes de cada quinquênio (2008 a 2012 e 2013 a 2017), e depois foi formada uma rede cumulativa dos dez anos, possibilitando uma caracterização geral das áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco, bem como a identificação das principais áreas de atuação. Nas redes, os nós correspondem às áreas de pesquisa e a conexão entre

eles representa a coocorrência de duas ou mais áreas em um mesmo artigo científico, demonstrando a interação entre os conhecimentos. Como a coocorrência pressupõe uma relação recíproca entre as áreas, as conexões (ligações) foram consideradas não direcionais.

### iii) Índice de diversidade de colaboração (IDC)

O IDC, adotado por Fonseca (2015), foi originalmente proposto por Li, Liao e Yen (2013) como um indicador de capital cognitivo dos pesquisadores, versando sobre a atuação do sujeito na mudança e extensão desse capital por meio de relações sociais e colaboração com outros pesquisadores e grupos. Para os autores, a diversidade em equipes de colaboração – alcançada pela interação com outros – implica no acúmulo de capital cognitivo. A colaboração com pesquisadores diferentes amplia o entendimento compartilhado e importa em novos e distintos conhecimentos para o coletivo, ao passo que a interação com os mesmos pesquisadores aprofunda o conhecimento e a compreensão já existentes dentro do grupo.

The former strategy helps a scholar acquire a broader perspective of the discipline and expand the network size; whereas the latter confines the scholar in an arrower perspective and a smaller group. For the purpose of expanding the sources of cognitive capital, a scholar should adoptan exploration strategy and co-author with new scholars (LI; LIAO; YEN, 2013, p. 1518)<sup>20</sup>.

O IDC informa a diversidade de parceiros nas colaborações de um pesquisador ou instituição. O cálculo do índice é feito a partir da equação abaixo:

$$IDC = \frac{\sum coautores_i - \sum duplicatas_i}{\sum relações_i}, \text{ onde } i = 1, 2, \dots, n \text{ artigos}$$

Onde:

$\sum coautores_i$  = número total de relações colaborativas;

$\sum duplicatas_i$  = número total de relações duplicadas (ocorreram mais de uma vez);

<sup>20</sup> “A estratégia anterior ajuda um estudioso a adquirir uma perspectiva mais ampla da disciplina e expandir o tamanho da rede; enquanto este último confina o estudioso em uma perspectiva mais estreita e um grupo menor. Com o propósito de expandir as fontes do capital cognitivo, um estudioso deve adotar uma estratégia de exploração e coautoria com novos estudiosos” (LI; LIAO; YEN, 2013, p. 1518, tradução nossa).



$\sum$  relações<sub>i</sub> = número total de relações de colaboração de todas as publicações em coautoria;

O resultado do IDC é sempre um número entre 0 e 1, em que quanto mais próximo de 1, maior diversidade de parceiros na produção de publicações científicas. De outro modo, um resultado próximo a 0 indica que a instituição habitualmente colabora com as mesmas instituições.

Fonseca (2015) adaptou a fórmula proposta por Li, Liao e Yen (2013) de uma perspectiva individual para uma perspectiva institucional, utilizando assim, como unidade de análise, a instituição e não os pesquisadores. Esse modelo adaptado foi utilizado nesta pesquisa, considerando o período de dez anos proposto neste estudo (2008 a 2017) e tendo como base os dados de publicações científicas extraídos do WoS para verificar o padrão de colaboração para o avanço do conhecimento científico.

Para análise do resultado, Fonseca (2015) acolheu os conceitos de exploração e exploração no aprendizado organizacional apresentados por March (1991), também adotados neste estudo. De acordo com Fonseca (2015), a diversidade de colaboração entre as organizações pode ser caracterizada em exploração ou exploração, conforme suas redes de coautoria em publicações científicas. March (1991) afirma que a exploração está relacionada à necessidade de as instituições desenvolverem-se, a partir da aquisição de novos conhecimentos, já a exploração está associada ao uso de conhecimentos e experiências já existentes, visando à eficiência e ganho em competitividade na organização. Trazendo para a perspectiva de redes, a exploração exige uma maior diversidade de parceiros, enquanto a exploração busca o aprofundamento das colaborações existentes (LI; LIAO; YEN, 2013).

As duas situações envolvem o desenvolvimento e uso do conhecimento em organizações. “Enquanto a exploração tem relação com a descoberta, riscos e inovação, a exploração se refere à eficiência, refinamento e produtividade. Ambas as redes são complementares e necessárias para a criação e captura de valor por uma organização” (FONSECA, 2015, p. 81).

Abaixo, quadro com resumo dos indicadores adotados nesta pesquisa:

**Quadro 5** – Resumo dos indicadores de avaliação das redes de colaboração científica

| Nome do Indicador   | Descrição  | Fontes de Informação | Método   | Periodicidade  |
|---|--|----------------------|--|--|
| <b>Colaboração estruturada para o avanço do conhecimento científico</b> | Mapeamento das redes de coautoria em publicações científicas da organização                                  | Web of Science       | ARS para identificação e avaliação dos seguintes aspectos:<br>- Tamanho, centralização, densidade e modularidade da rede;<br>- Pesquisadores que mais centrais<br>- Padrão institucional de colaboração. | Avaliação quinzenal (2008 a 2012 e 2013 a 2017) e retrospectiva (2008 a 2017). |
| <b>Sistema de conhecimentos</b>   | Mapeamento das redes de coocorrência de áreas de pesquisa em artigos científicos publicados pela organização | Web of Science       | ARS para caracterizar o conjunto de conhecimentos da organização, avaliando não só as áreas de pesquisa mais presentes, mas também suas relações.  | Avaliação quinzenal (2008 a 2012 e 2013 a 2017) e retrospectiva (2008 a 2017). |
| <b>Índice de diversidade de colaboração (IDC)</b>                       | Avaliação da diversidade do padrão de colaboração organizacional<br>- Exploração ou Exploração               | Web of Science       | $IDC = \frac{\sum coautores_i - \sum duplicatas_i}{\sum relações_i}$ <p>onde <math>i = 1, 2, \dots, n</math> artigos</p> <p>Onde <math>i = 1, 2, \dots, n</math> artigos</p>                             | Avaliação retrospectiva (2008 a 2017).   |

Fonte: Adaptado de FONSECA (2015).

Esses indicadores possibilitaram a análise das redes de colaboração científica sob duas perspectivas: uma macro, que abordou a Fiocruz Pernambuco como um todo, e uma micro, que focou nos pesquisadores e nos papéis que desempenham na pesquisa científica. Segundo Fonseca (2015), a perspectiva macro possibilita a constituição de um mapa de competências da instituição, a identificação do padrão de colaboração e a visualização das alianças estratégicas; já a perspectiva micro aponta os relacionamentos existentes entre os pesquisadores, as estruturas de poder presentes, bem como os indivíduos centrais e os periféricos, revelando assim possibilidades de fragmentação da rede. As informações obtidas expuseram oportunidades e ameaças das redes científicas da Fiocruz Pernambuco, informação que pode subsidiar decisões e orientar ações para o fortalecimento da pesquisa na instituição.

A utilização dos indicadores propostos por Fonseca (2015) nesta pesquisa seguiu as orientações da autora, incluindo no que se refere à fonte adotada para a extração de dados. Conforme explicitado no início do capítulo, a coleta de dados foi feita na base de dados Web of Science (WoS), mantida pela Thomson Reuters. A WoS foi escolhida por abranger um grande número de periódicos acadêmicos e por fornecer informações sobre a afiliação e/ou endereços de todos os autores, permitindo a construção de redes institucionais, bem como o acompanhamento do comportamento colaborativo dos pesquisadores da Fiocruz. As consultas no *site* foram direcionadas ao campo “organização consolidada”, que abrange o nome principal da instituição e todas as variações do nome da Fiocruz e de suas unidades regionais existentes na base<sup>21</sup>.

É importante salientar, no entanto, que a utilização dos dados contidos na WoS apresenta limitações ao estudo. Primeiro, porque nem todas as publicações científicas da instituição são consideradas na elaboração das redes, mas somente aquelas que foram publicadas em periódicos indexados na base de dados da WoS. Segundo, caso o pesquisador/autor não tenha informado a sua filiação corretamente, a publicação pode não ser abrangida pelo estudo. Terceiro, é possível que algumas autorias ou instituições não sejam devidamente identificadas, em decorrência de abreviações ou

---

<sup>21</sup> Tanto os dados fornecidos por Fonseca (obtidos no âmbito do projeto “Colaboração na área de saúde: uma análise do papel da Fiocruz nas redes regionais de ciência e tecnologia”), relativos a 2008-2016, quanto os coletados nessa pesquisa, seguiram os mesmos critérios de extração descritos.

alterações de denominações, bem como pela prestação de informações incorretas.

De forma a evitar a utilização de dados inconsistentes e garantir que os resultados e as métricas aplicadas não fossem afetadas negativamente por isso, realizou-se o tratamento e limpeza dos dados recuperados de forma minuciosa, utilizando-se para tanto o *software Vantage Point (Search Technology Inc.)*. O *software* permitiu a harmonização e padronização dos nomes dos autores dos artigos e suas respectivas filiações institucionais, apontando inconsistências e identificando possíveis compatibilidades entre as diferentes denominações encontradas.

Deve-se assinalar ainda que, no tratamento de dados, este estudo seguiu a opção realizada por Fonseca (2015), excluindo da análise as publicações que possuíam mais de 100 autores, de forma a não comprometer os resultados dos indicadores apurados – sobretudo no que diz respeito às informações produzidas que apresentam número de instituições e pesquisadores – e garantir a confiabilidade da avaliação das redes de colaboração. A escolha deu-se por considerar que nesses artigos não há uma colaboração real, mas sim contribuições independentes, em geral em forma de dados, envolvendo apenas uma fraca interação entre pesquisadores (ADAMS, 2012).

Após o tratamento e processamento, os dados foram extraídos do *VantagePoint* e utilizados nos indicadores adotados neste estudo. Para a elaboração das redes, foram geradas matrizes de coocorrência no *Excel* (extensão .xlsx) com as informações necessárias que, na montagem e visualização dos grafos, foram importados para o *software* livre *Gephi*<sup>22</sup>. O *Gephi* permite o cálculo de diversas métricas que, associadas aos conceitos adotados por esta pesquisa, auxiliaram na compreensão e análise das colaborações científicas.

---

<sup>22</sup> A utilização de diferentes *softwares* neste estudo exigiu que a pesquisadora participasse de treinamentos que promovessem o conhecimento necessário nessas ferramentas. Esses treinamentos foram realizados no CDTS/Fiocruz (Rio de Janeiro) sob a supervisão da Dra. Bruna Fonseca, autora dos indicadores utilizados na dissertação. As viagens foram autorizadas pela Direção da Fiocruz Pernambuco e financiadas pela instituição. O primeiro encontro ocorreu no período de 08 a 12 de janeiro de 2018 e focou no processo de tratamento e limpeza dos dados acerca das publicações científicas, utilizando-se o *VantagePoint*. O segundo encontro aconteceu no período de 24 a 27 de abril de 2018, para o mapeamento das redes de colaboração científica pelo *Gephi*.

## **5. AS REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA DA FIOCRUZ PERNAMBUCO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA NA INSTITUIÇÃO**

O presente capítulo apresenta a discussão dos resultados obtidos com a aplicação dos indicadores adotados na pesquisa. A discussão sobre as contribuições das redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco para o desenvolvimento da pesquisa na instituição foi feita com base nos resultados obtidos nos indicadores de avaliação de redes de colaboração em paralelo ao discurso dos gestores (Diretor e Vice-Diretor de Pesquisa) e pesquisadores centrais identificados nas redes da instituição (Pesquisadores A, B e C).

Além disso, para a análise dos dados encontrados, foi necessário conhecer de forma mais abrangente o contexto em que ocorre o fenômeno estudado, exposto a seguir.

### **5.1. CARACTERIZAÇÃO INSTITUCIONAL**

A Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) é uma instituição pública estratégica de Estado, vinculada ao Ministério da Saúde, voltada para o fortalecimento e consolidação do Sistema Único de Saúde (SUS), a promoção da saúde e da qualidade de vida da população brasileira, a redução das desigualdades sociais e a dinâmica nacional de inovação. Para tanto, a Fiocruz produz, dissemina e compartilha conhecimentos e tecnologias, por meio da pesquisa e desenvolvimento, inovação tecnológica, educação, produção, atenção e assistência à saúde, informação e comunicação, controle de qualidade (FIOCRUZ, 2014).

Presente em todas as regiões do país, a Fiocruz dispõe de instalações em dez estados brasileiros – Rio de Janeiro (sede da instituição), Amazônia, Bahia, Minas Gerais, Paraná, Ceará, Mato Grosso do Sul, Piauí, Rondônia e Pernambuco –, possuindo 16 unidades técnico-científicas voltadas para as suas diversas áreas de atuação em saúde, além de quatro escritórios regionais, uma gerência regional em Brasília e quatro unidades técnico-administrativas que dão suporte às atividades realizadas. Em âmbito internacional, a Fiocruz possui um escritório em Moçambique, na África, e atua em colaboração com diversos países (FIOCRUZ, 2017).

O Instituto Aggeu Magalhães (IAM), localizado em Pernambuco, foi fundado em 1950 e incorporado à Fiocruz em 1970 (FIOCRUZ PERNAMBUCO, 2010). A Unidade

– referida ao longo de todo o trabalho como Fiocruz Pernambuco - é destinada a contribuir para a geração de conhecimentos e inovação tecnológica visando à melhoria das condições sanitárias da população e à prevenção e controle de doenças endêmicas agudas e crônico-degenerativas no nordeste brasileiro (FIOCRUZ PERNAMBUCO, 2010). Situado dentro do campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), o Instituto atua por meio da pesquisa, ensino, desenvolvimento tecnológico, cooperação técnica e serviços em saúde.

Como princípios norteadores de suas ações, a Fiocruz Pernambuco possui a missão, visão e valores apresentados no quadro abaixo.

**Quadro 6** – Identidade organizacional da Fiocruz Pernambuco

|                |   |
|----------------|---|
| <b>Missão</b>  | Contribuir para a redução de iniquidades e melhoria das condições sócio-sanitárias da população, particularmente na região nordeste brasileira, mediante geração de evidências científicas e tecnológicas indutoras de políticas de saúde e de ciência e tecnologia em saúde e de ações integradas de pesquisa, ensino, serviços e cooperação técnica.  |
| <b>Visão</b>   | Ser instituição pública e estratégica de saúde, reconhecida pela sociedade no Estado de Pernambuco e no Brasil, por sua capacidade de colocar efetivamente a ciência e a tecnologia a serviço da saúde da população, contribuindo assim com a redução das desigualdades sociais, a consolidação e o fortalecimento do SUS, e a elaboração e o aperfeiçoamento de políticas públicas de saúde.   |
| <b>Valores</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Compromisso institucional com o caráter público e estatal;</li> <li>– Ciência e inovação como base do desenvolvimento socioeconômico e promoção da saúde;</li> <li>– Ética e transparência;</li> <li>– Cooperação e integração, em níveis regional, nacional e internacional;</li> <li>– Valorização dos trabalhadores, alunos e colaboradores;</li> <li>– Qualidade e Excelência: busca contínua por melhores resultados com gestão responsável;</li> <li>– Redução das iniquidades nas condições de vida e de saúde existentes no Brasil;</li> <li>– Compromisso com as principais metas de transformação social do Estado brasileiro;</li> <li>– Compromisso socioambiental;</li> </ul> |

|  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Democracia participativa;</li> <li>– Democratização do conhecimento e acesso público à informação;</li> <li>– Educação como processo emancipatório e essencial para a cidadania e a democracia.</li> </ul> |
|--|---|

Fonte: Elaboração própria, a partir de Fiocruz Pernambuco (2010).

Inicialmente criada para atender a necessidade de estudos sobre doenças infecciosas e parasitárias que acometiam o nordeste brasileiro, a Fiocruz Pernambuco vem expandindo suas pesquisas para outras áreas de interesse da comunidade científica mundial. Hoje, as principais áreas de atuação são bacteriologia, protozoologia, virologia, parasitologia, doenças transmissíveis, insetos vetores, imunologia aplicada a doenças infecciosas e crônicas, bioinformática, dinâmica estrutural de proteínas, saúde pública, epidemiologia e metodologia da pesquisa social (FIOCRUZ PERNAMBUCO, 2018).

Merece destaque a atuação da Unidade como protagonista na pesquisa em Zika durante a emergência sanitária decretada pelo Ministério da Saúde em 2015, coordenando a equipe responsável por estabelecer o vínculo entre o vírus e os casos de microcefalia<sup>23</sup> (FIOCRUZ PERNAMBUCO, 2018). Os trabalhos realizados foram fundamentais para o enfrentamento da epidemia que acometeu o Nordeste naquele ano (FIOCRUZ, 2018a). Ademais, vale ainda ressaltar as pesquisas realizadas em outras arboviroses, como febre amarela, dengue e chikungunya.

A Fiocruz Pernambuco é também referência, nacional ou regional, para o Ministério da Saúde em sete áreas: Filarioses, Peste, Leishmaniose, Doença de Chagas, Culicídeos Vetores, Esquistossomose e Arbovírus. Por meio dos serviços de referência, a Unidade realiza diagnósticos e atua na formação de profissionais oriundos dos serviços públicos de saúde. Ademais, os laboratórios dos serviços de referência servem de base para a realização de diversas pesquisas em suas respectivas áreas (FIOCRUZ PERNAMBUCO, 2018).

<sup>23</sup> Celina Turchi, pesquisadora da Fiocruz Pernambuco e coordenadora do MERG, recebeu inúmeros reconhecimentos pelo trabalho desenvolvido pelo grupo nas pesquisas sobre o Zika. Foi incluída pela renomada revista Nature na lista das dez personalidades mais influentes da ciência em 2016; em 2017, apareceu na lista da Revista Time como uma das cem pessoas mais influentes do ano; recebeu o Prêmio Péter Murányi – Saúde 2018; foi eleita como membro da Academia Brasileira de Ciências; dentre outras homenagens.

O Instituto trabalha ainda de forma intensa na formação de recursos humanos para a saúde e para a C&T, dispondo de dois programas de pós-graduação, nas áreas de Saúde Pública (mestrado acadêmico e profissional, doutorado e residência multiprofissional) e de Biociências e Biotecnologia em Saúde (mestrado acadêmico e doutorado), tendo formado no triênio 2014-2016 mais de 200 profissionais (FIOCRUZ PERNAMBUCO, 2018).

Para desenvolver suas atividades, a Fiocruz Pernambuco possui um quadro com 196 servidores, dos quais 71 atuam diretamente na pesquisa científica (FIOCRUZ PERNAMBUCO, 2018), distribuídos em seis departamentos de pesquisa: Entomologia, Imunologia, Microbiologia, Parasitologia, Saúde Coletiva e Virologia (FIOCRUZ PERNAMBUCO, 2010). Além disso, dispõe de colaboradores com outros vínculos, como terceirizados, bolsistas, Pesquisadores Visitantes e estudantes.

Dado o intensivo avanço tecnológico na ciência e o uso de equipamentos cada vez mais modernos e de alto custo de manutenção e aquisição, torna-se inviável a disposição de infraestruturas replicadas nos departamentos finalísticos. De forma a contornar esse quadro e racionalizar os custos, a Fiocruz Pernambuco possui um Núcleo de Plataformas Tecnológicas (NPT) que possibilita o uso compartilhado de tecnologias e equipamentos de ponta por pesquisadores da instituição e externos, o que enseja a colaboração com a comunidade científica. O NPT é composto por seis plataformas multiusuários: sequenciamento de DNA capilar, sequenciamento de DNA de nova geração, PCR quantitativo em tempo real, citometria de fluxo, microscopia confocal a laser e microscopia eletrônica de transmissão e de varredura (FIOCRUZ PERNAMBUCO, 2018).

O desenvolvimento da pesquisa na Fiocruz Pernambuco tem se refletido no crescimento da produção científica institucional nos últimos anos – o que será abordado com detalhes na próxima seção. No campo da inovação, a instituição desenvolveu onze tecnologias, das quais seis dispõem de patentes solicitadas e uma com patente concedida em oito países, conforme quadro abaixo.



**Quadro 7 – Tecnologias desenvolvidas pela Fiocruz Pernambuco**

| TECNOLOGIA  | SITUAÇÃO DA PATENTE   |
|---|---|
| Vacina genética recombinante contra a febre amarela   | Pedido de patente no Brasil e exterior, e patente concedida nos EUA, Espanha, França, Itália, Alemanha, África do Sul, Austrália e Colômbia |
| Uso de antígenos de <i>Leishmania</i> em método diagnóstico, vacina e terapia para leishmaniose (desenvolvida na Fiocruz Bahia com participação de pesquisadores da Fiocruz Pernambuco) | Pedido de patente no Brasil e exterior  |
| Epítomos lineares do envelope do vírus da dengue  | Pedido de patente no Brasil   |
| Marcadores prognósticos de resposta clínica de pacientes infectados com vírus da dengue   | Pedido de patente no Brasil   |
| Método e <i>kit</i> de iniciadores para identificação de sequência específicas de nucleotídeos através da reação em cadeia de polimerase tipo nested em único tubo de reação            | Pedido de patente no Brasil   |
| Método, <i>kit</i> e iniciadores para a identificação quantitativa de sequências de nucleotídeos de <i>Schistosoma mansoni</i> através da PCR em tempo real                             | Pedido de patente no Brasil   |
| Detecção do <i>Mycobacterium tuberculosis</i> em amostras de sangue e urina através da STNpCr em único tubo de pacientes com suspeita de tuberculose Paucibacilar                       | Sem patente   |
| Sistema de monitoramento e controle populacional do <i>Aedes aegypti</i> (smcp-aedes)   | Sem patente   |
| Armadilha de oviposição br-ovt  | Sem patente   |
| <i>Kits</i> para diagnóstico de peste por nested-pcr em tubo único (n-pcrtbu) e por multiplex-pcr (m-pcr)   | Sem patente   |
| Caracterização dos mecanismos anti-inflamatórios da dietilcarbamazina em modelo murino de inflamação crônica e hipertensão pulmonar   | Sem patente   |
| Desenvolvimento de ferramentas moleculares com aplicação do gene G3PD de mamíferos como controle de qualidade amostral para o diagnóstico das Leishmanioses                             | Sem patente   |

Fonte: Adaptado de FIOCRUZ PERNAMBUCO (2018).

## 5.2. A PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA FIOCRUZ PERNAMBUCO: MAPEANDO O CAMPO E DOS DADOS

A avaliação das redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco foi feita tendo como base as publicações científicas da instituição nos últimos dez anos (2008-2017). Os dados referentes a essas publicações foram extraídos do WoS<sup>24</sup>, considerando-se como relativas à Fiocruz Pernambuco aquelas contendo autores declarados filiados à instituição. Dentre a tipologia de publicações científicas disponíveis na WoS, foram consideradas nesta pesquisa: artigos, artigos de revisão, editoriais, cartas, capítulos de livro, artigos de dados e revisões de *software*; tendo sido excluídos da análise resumos apresentados em conferências, erratas, resenhas de livro, artigos publicados em anais de eventos, itens biográficos e novos itens.

Os dados analisados tiveram duas origens. Uma foi a base de dados fornecida por Fonseca<sup>25</sup> para esta pesquisa, abrangendo o período de 1980 a 2016, contando com 20.081 registros coletados do WoS contendo autores que declararam filiação à Fiocruz. A partir desses dados, foi feito um recorte temporal de 2008 a 2016, correspondente a parte do período em análise no presente estudo, o que gerou um arquivo com 12.561 registros. Em seguida, foram filtrados os tipos de documento a serem analisados, restando 11.315 registros. A outra origem foi uma busca realizada na WoS referente ao ano de 2017, que resultou na extração de 1.858 registros contendo autores declarados filiados à Fiocruz. Após a filtragem por tipo de documento, ficaram 1.729 registros.

É importante salientar que as buscas na WoS são realizadas utilizando-se o campo “organização consolidada”, na qual não é possível extrair apenas os dados da Fiocruz Pernambuco, uma vez que ela não está incluída como instituição. Por essa razão, a extração é feita utilizando-se a Fiocruz como instituição.

Os dois conjuntos de dados foram reunidos em um único arquivo, o que resultou num total de 13.044 registros. Excluindo-se títulos duplicados, restaram 13.042 registros de publicações científicas da Fiocruz, que incluíam uma lista de 45.461

---

<sup>24</sup> Para mais detalhes sobre a escolha da *Web of Science* (WoS) como fonte de dados, vide capítulo 4 (Procedimentos Metodológicos).

<sup>25</sup> A base de dados fornecida teve origem no âmbito do projeto “Colaboração na área de saúde: uma análise do papel da Fiocruz nas redes regionais de ciência e tecnologia”. Para mais detalhes, vide capítulo 4 desta dissertação (Procedimentos Metodológicos).

autores filiados a 11.958 instituições.

A partir do arquivo gerado foi realizado um tratamento de dados focando na limpeza, harmonização e padronização dos nomes das instituições. Essa padronização fez-se necessária em decorrência da possibilidade de existência de uma pluralidade de denominações para uma mesma instituição. Nesse sentido, foi constatado que diversas instituições apareciam sob diferentes designações, seja pela existência de diferentes nomes para a mesma instituição, seja pela utilização do nome da instituição ora em vernáculo ora noutro idioma, como o inglês (mais comum), ou ainda pela utilização da sigla da instituição, dentre outras razões. Por exemplo, a Fiocruz como instituição apareceu sob diferentes denominações: *Fiocruz*, *Fiocruz MS*, *Fiocruz Institute*, *Fundação Oswaldo Cruz*, *Oswaldo Cruz Foundation*, dentre outros, ou ainda constando apenas o nome da Unidade a que pertence o pesquisador ou o laboratório/departamento/programa de pós-graduação a que este está vinculado dentro de uma das Unidades da instituição. Havia, portanto, uma infinidade de designações para uma mesma instituição, sendo indispensável o procedimento de padronização e reunião delas para evitar duplicações de denominações, de forma a prover dados mais confiáveis para análise.

Atenção especial foi dada às diferentes denominações relativas à Fiocruz Pernambuco<sup>26</sup>, instituição foco da presente pesquisa, buscando assegurar ao máximo que todas as publicações científicas relacionadas à Unidade fossem identificadas para posterior análise. É importante ressaltar, no entanto, que é possível que, devido à utilização de denominações distantes da oficial ou ainda à ausência de declaração do pesquisador (autor) acerca de sua filiação, algumas publicações não tenham sido incluídas na análise.

Cabe destacar que esta é uma limitação existente em estudos dessa natureza, uma vez que utiliza dados que correspondem às informações prestadas pelos pesquisadores. É fundamental, portanto, a confiabilidade nos dados declarados pelos próprios autores das publicações.

Após a limpeza dos nomes das instituições, foi feita uma nova extração do

---

<sup>26</sup> Foram encontradas mais de dez diferentes denominações para a Fiocruz Pernambuco, dentre elas: Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, CPqAM, Aggeu Magalhães, Instituto Aggeu Magalhães, Fiocruz PE, Laboratório de Virologia e Terapia Experimental (departamento pertencente à Unidade), variações em inglês dessas designações e outras.

arquivo, criando-se um novo banco de dados somente com os registros das publicações em que havia ao menos um autor declarado filiado à Fiocruz Pernambuco, o que gerou um arquivo com 841 registros.

Neste arquivo foi realizada uma nova limpeza e harmonização dos nomes dos autores. Tal como ocorreu com as denominações de instituições, foram observados inúmeros casos em que um mesmo autor identificava-se com diferentes nomes em diferentes publicações. Essa variedade na identificação dos pesquisadores pode ser consequência da existência de regras distintas nas revistas científicas para a apresentação dos nomes dos autores, ou de utilização de formas diversas de abreviação de um mesmo nome, ou ainda resultado de mudança de nome em decorrência de matrimônio, por exemplo, dentre outras razões.

Para dirimir dúvidas no processo de harmonização e reunião das diferentes denominações de um mesmo autor em torno de uma única designação, foram consultados os currículos dos pesquisadores disponíveis na Plataforma Lattes ou ainda as próprias publicações científicas em busca de mais informações ou confirmação de dados.

O tratamento de dados, sobretudo no que concerne à harmonização e limpeza dos nomes dos autores e instituições, foi uma tarefa minuciosa que exigiu atenção. Mesmo com a utilização do *software Vantage Point*<sup>27</sup> durante todo esse processo, que facilitou e permitiu o tratamento de um grande número de informações no período disponível para o estudo, essa tarefa demandou um longo tempo da pesquisa.

Ao fim de todo o tratamento dos dados – incluindo a exclusão de artigos com mais de 100 autores<sup>28,29</sup> –, obteve-se como resultado um arquivo final para análise contendo 840 registros de publicações científicas, envolvendo 2.505 pesquisadores filiados a 555 instituições.

É importante salientar que, no arquivo final, todas as Unidades da Fiocruz foram reunidas sob uma única denominação (*Fiocruz*), com exceção da Fiocruz

---

<sup>27</sup> Para mais informações sobre o *software*, ver o Capítulo 4 (Procedimentos Metodológicos).

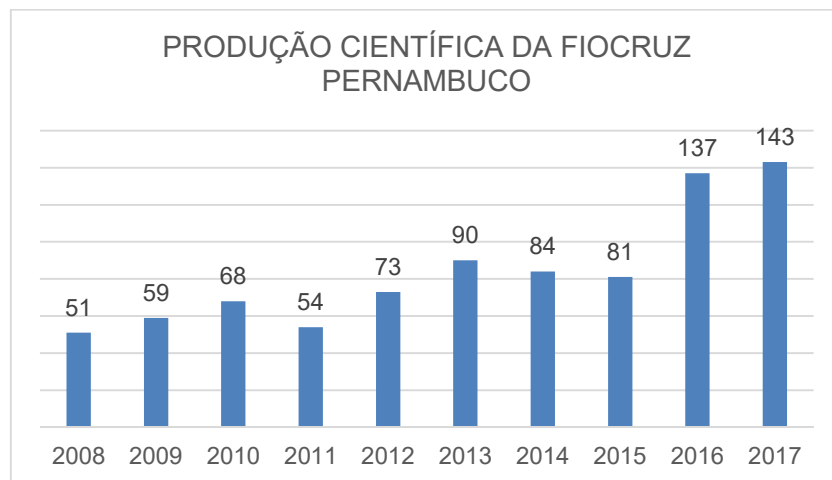
<sup>28</sup> Nessa condição, foi encontrado somente um artigo com 496 autores, que foi excluído do banco de dados para aplicação dos indicadores.

<sup>29</sup> O artigo com mais de cem autores foi considerado somente na aplicação do indicador de Sistema de Conhecimentos e na construção da rede de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco com as demais Unidades da Fiocruz, uma vez que em ambos os casos não compromete o resultado da avaliação.

Pernambuco, que constitui objeto desta dissertação. Essa escolha se deu em razão da verificação de inviabilidade de organização dos nomes da instituição por Unidade, uma vez que muitos pesquisadores informam somente filiação à Fiocruz, enquanto instituição de origem, sem especificar a Unidade a que pertencem. Somente para a construção da rede interna da Fiocruz, fez-se a distribuição da instituição por Unidade, considerando-se, no entanto, todas aquelas localizadas no Rio de Janeiro – sede da instituição – sob a denominação única de *Fiocruz RJ*, pelo mesmo motivo acima apresentado.

Examinando os dados utilizados na pesquisa (arquivo final), observa-se que, ao longo dos anos, houve um aumento da produção científica da Fiocruz Pernambuco – embora não constante –, sobretudo nos últimos dois anos (2016 e 2017), conforme gráfico abaixo:

**Gráfico 1** – Número de artigos publicados pela Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017



Fonte: Elaboração própria

Ademais, dentre as publicações da instituição, constatou-se que a maior parte é composta por artigos, conforme a distribuição dos tipos de produção científica indicada na tabela abaixo:

**Tabela 1** – Distribuição dos tipos de publicação científica da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017

| <b>Tipo de publicação</b> | <b>Quantidade</b> |
|---------------------------|-------------------|
| Artigos                   | 752 (89,5%)       |
| Artigos de revisão        | 57 (6,8%)         |
| Cartas                    | 19 (2,3%)         |
| Editoriais                | 11 (1,3%)         |
| Capítulos de Livros       | 1 (0,1%)          |
| <b>Total de registros</b> | <b>840 (100%)</b> |

Fonte: Elaboração própria.

A tabela a seguir apresenta os periódicos que publicaram 20 ou mais produções científicas da Fiocruz Pernambuco nos últimos dez anos, com seus respectivos fatores de impacto. Das sete principais revistas elencadas, quatro são nacionais: Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Cadernos de Saúde Pública, Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, sendo as últimas três publicadas pela Fiocruz.

**Tabela 2** – Principais periódicos das publicações científicas da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017

| <b>Nome do Periódico</b>                             | <b>Número de publicações</b> | <b>Fator de impacto</b> |
|--|------------------------------|-------------------------|
| Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical | 47                           | 1,61                    |
| Cadernos de Saúde Pública                            | 42                           | 1,133                   |
| Parasites & Vectors                                  | 38                           | 3,08                    |
| Memórias do Instituto Oswaldo Cruz                   | 33                           | 2,605                   |
| Ciência & Saúde Coletiva                             | 24                           | 0,78                    |
| PLoS One   | 22                           | 2,806                   |
| Veterinary Parasitology                              | 21                           | 2,356                   |

Fonte: Elaboração própria. Os dados relativos ao fator de impacto de cada revista foram baseados nas informações disponíveis no Currículo Lattes.

Utilizando-se os dados da Fiocruz Pernambuco acima retratados, foram aplicados os indicadores propostos por Fonseca (2015) conforme exposto a seguir.

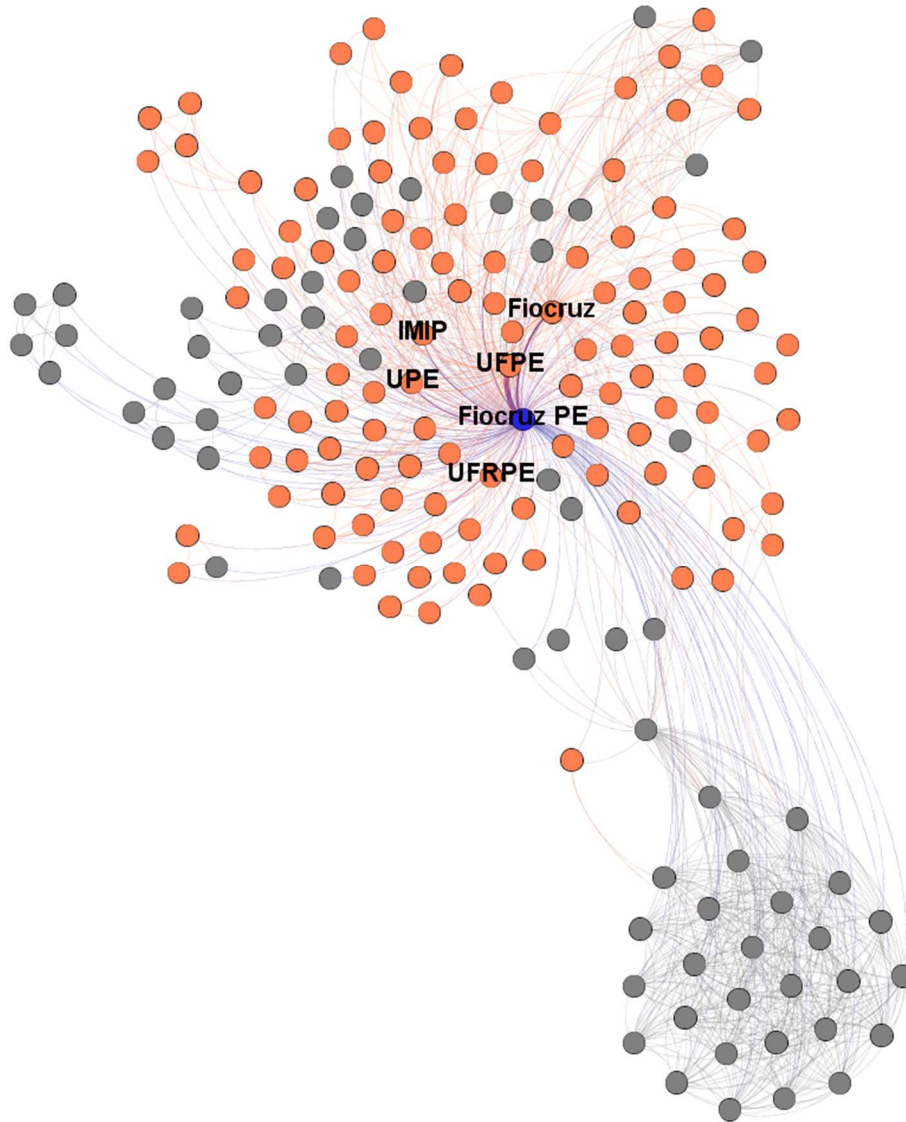
### 5.3. REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA DA FIOCRUZ PERNAMBUCO: PARCERIAS INSTITUCIONAIS

As redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco foram montadas de forma a possibilitar a visualização do padrão institucional por meio da estrutura das redes, permitindo análises posteriores acerca do papel da colaboração na produção científica da Unidade. Assim, foram mapeadas redes tendo como unidade de análise tanto as instituições parceiras quanto as coautorias nas publicações científicas.

A primeira rede elaborada teve como foco os parceiros institucionais, nacionais e internacionais, da Fiocruz Pernambuco. Para tanto, os dados das publicações científicas relativos aos dez últimos anos (2008-2017) foram divididos em dois quinquênios, dando origem a uma rede cada, possibilitando a comparação entre os períodos e a visualização da evolução ao longo do tempo, conforme demonstrado nas figuras abaixo:

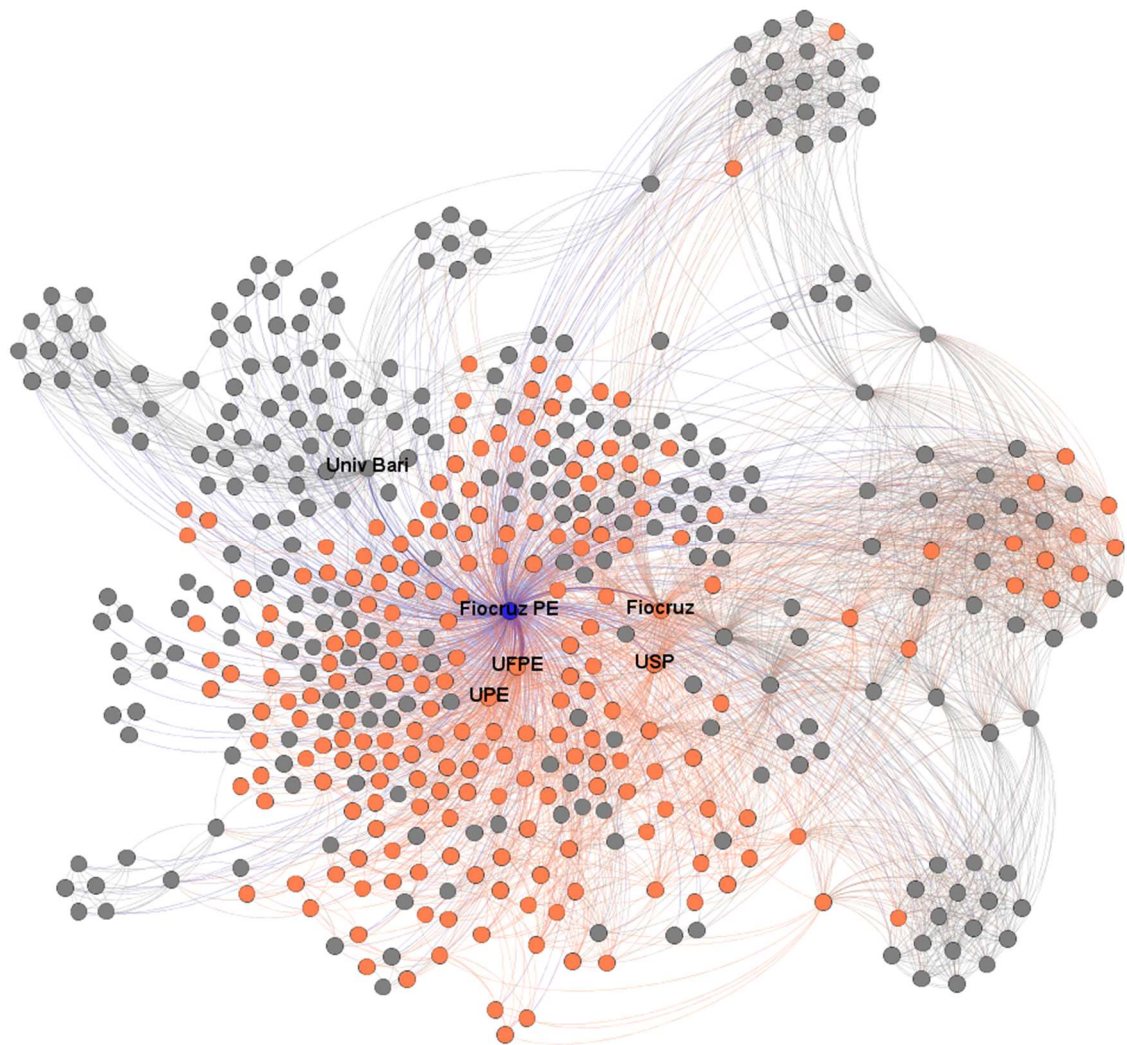
**Figura 9** – Redes institucionais de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, por quinquênio

2008 – 2012





2013 - 2017



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os nós representam as instituições e a colaboração nas publicações científicas (coautoria) são representadas pelas ligações entre eles. Quanto mais espessa a linha que une os nós, maior a ligação (colaboração) existente. As cores dos nós indicam se a instituição é nacional (laranja) ou internacional (cinza); a Fiocruz Pernambuco está realçada em azul. Em destaque, com denominação, estão as cinco instituições que mais colaboraram com a Fiocruz Pernambuco em cada período. Fiocruz: Fundação Oswaldo Cruz (engloba todas as Unidades, exceto a Fiocruz Pernambuco); UFPE: Universidade Federal de Pernambuco; UPE: Universidade de Pernambuco; IMIP: Instituto de Medicina Integral Professor Fernandes Figueira; UFRPE: Universidade Federal Rural de Pernambuco; USP: Universidade de São Paulo.

A rede do primeiro quinquênio, relativo a 2008-2012, compreende 305 publicações científicas, envolvendo 191 instituições que colaboraram com Fiocruz

Pernambuco. Já a rede do segundo quinquênio, relativo a 2013-2017, apresenta um incremento nos números, contando com 535 publicações científicas, envolvendo 482 instituições parceiras. Observa-se, portanto, tanto um crescimento na produção científica quanto na colaboração científica, constatada pelo aumento do número de instituições parceiras (nós) e de relações de coautorias nas publicações (ligações). A tabela abaixo apresenta as principais métricas das redes:

**Tabela 3** – Principais métricas das redes institucionais de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco por período

| Métricas                         | Período     |             |
|----------------------------------|-------------|-------------|
|                                  | 2008 – 2012 | 2013 – 2017 |
| Nós                              | 191         | 482         |
| Ligações                         | 1.085       | 3.663       |
| Diâmetro                         | 2           | 2           |
| Comprimento médio de caminho     | 1,94        | 1,96        |
| Coeficiente de <i>clustering</i> | 0,902       | 0,889       |
| Modularidade                     | 0,393       | 0,394       |
| Comunidades                      | 11          | 15          |

Fonte: Elaboração própria.

Apesar de a rede ter quase triplicado o seu tamanho, o que é possível constatar pelo aumento do número de nós e ligações, continua coesa, o que pode ser notado pela manutenção de baixos valores de diâmetro e de comprimento médio de caminho, nos dois períodos, além de altos valores de coeficiente de *clustering*. Deve-se ressaltar, entretanto, que esse é um comportamento previsível da rede institucional, uma vez que há a Fiocruz Pernambuco ligando todas as instituições.

Em contrapartida, os altos valores de modularidade e do número de comunidades – que sofreu um incremento no segundo período – indicam que a coesão não é igualmente distribuída na rede, sendo esta composta por grupos que colaboram mais entre si do que com o restante da rede.

A frequência da colaboração entre as instituições é indicada pela espessura das linhas que as conectam na rede. A tabela abaixo apresenta as principais instituições parceiras por período, com os respectivos números de publicações em colaboração:

**Tabela 4** – Principais instituições parceiras da Fiocruz Pernambuco por período

| Período            | Principais instituições parceiras                                  | Quantidade de publicações em colaboração |
|--------------------|--|--|
| <b>2008 – 2012</b> | Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)                          | 141 (46,2%)                              |
|                    | Fiocruz  | 59 (19,3%)                               |
|                    | Universidade de Pernambuco (UPE)                                   | 30 (9,8%)                                |
|                    | Instituto de Medicina Integral Professor Fernandes Figueira (IMIP) | 25 (8,2%)                                |
|                    | Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)                   | 25 (8,2%)                                |
| <b>2013 – 2017</b> | Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)                          | 231 (43,2%)                              |
|                    | Fiocruz  | 84 (15,7%)                               |
|                    | Universidade de Pernambuco (UPE)                                   | 84 (15,7%)                               |
|                    | Universidade de Bari (Itália)                                      | 72 (13,5%)                               |
|                    | Universidade de São Paulo (USP)                                    | 41 (7,7%)                                |

Fonte: Elaboração própria.

A partir do exame da tabela acima observa-se que, nos dois períodos, a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) aparece como a principal instituição parceira, com número muito superior de colaborações em relação às demais instituições, seguida pela Fiocruz. A maior ocorrência de colaborações com essas instituições pode ser explicada pelo fato de 1) a Fiocruz Pernambuco estar localizada fisicamente na UFPE e 2) a Fiocruz<sup>30</sup> representar a instituição à qual a Unidade em análise está vinculada.

É possível notar também uma mudança no perfil das principais instituições

<sup>30</sup> Entende-se Fiocruz como todas as suas Unidades, tanto localizadas na sede, Rio de Janeiro, quanto nos demais Estados.

parceiras nos dois períodos. Enquanto no primeiro período (2008-2012) os principais parceiros são aquelas instituições próximas fisicamente da Fiocruz Pernambuco<sup>31</sup>, no segundo período (2013-2017) destacam-se instituições geograficamente mais distantes, como a USP, localizada no sudeste do Brasil, e até uma instituição internacional, a Universidade de Bari, na Itália.

Observando-se a nacionalidade das instituições parceiras por período, é possível constatar um aumento de parceiras internacionais no segundo período, o que indica uma maior internacionalização na colaboração científica realizada no instituto, conforme demonstram os dados apresentados na tabela abaixo:

**Tabela 5** – Nacionalidade das instituições parceiras da Fiocruz Pernambuco por período

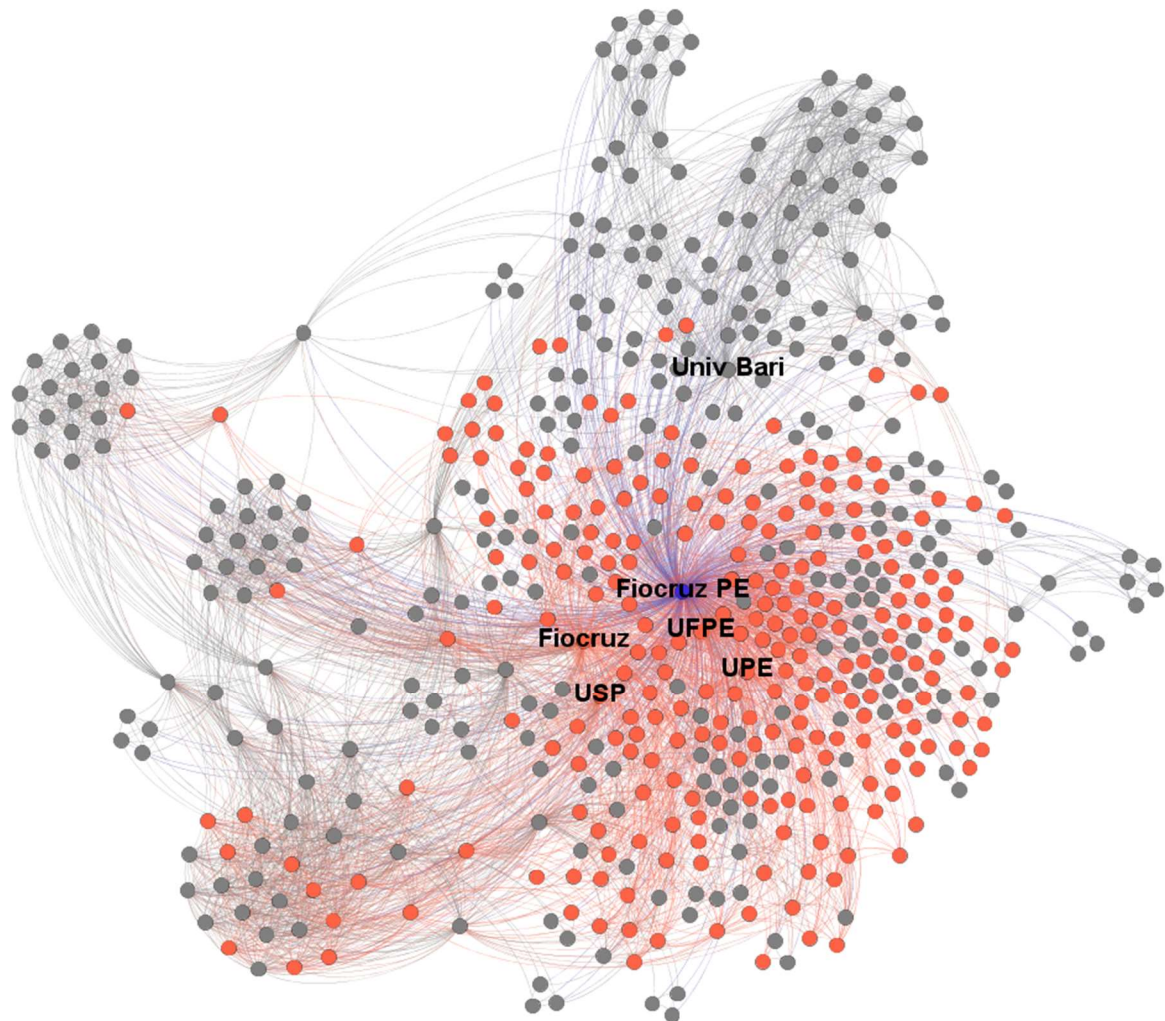
| Instituições Parceiras | Período     |             |
|------------------------|-------------|-------------|
|                        | 2008 – 2012 | 2013 – 2017 |
| Nacionais              | 63,87%      | 42,95%      |
| Internacionais         | 36,13%      | 57,05%      |

Fonte: Elaboração própria.

A rede cumulativa de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, abrangendo todo o período (2008-2017) é apresentada na figura a seguir:

<sup>31</sup> Todas as instituições citadas, salvo a Fiocruz – UFPE, UPE, IMIP e UFRPE –, estão localizadas em Pernambuco.

**Figura 10** – Rede institucional de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os nós representam as instituições e a colaboração nas publicações científicas (coautoria) são representadas pelas ligações entre eles. Quanto mais espessa a linha que une os nós, maior a ligação (colaboração) existente. As cores dos nós indicam se a instituição é nacional (laranja) ou internacional (cinza); a Fiocruz Pernambuco está realçada em azul. Em destaque, com denominação, estão as cinco instituições que mais colaboraram com a Fiocruz Pernambuco no período. Fiocruz: Fundação Oswaldo Cruz (engloba todas as Unidades, exceto a Fiocruz Pernambuco); UFPE: Universidade Federal de Pernambuco; UPE: Universidade de Pernambuco; USP: Universidade de São Paulo.



A rede de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco no período cumulativo (2008-2017) compreende 840 publicações científicas, envolvendo 555 instituições parceiras e 4.962 ligações (colaborações) entre elas. Dentre as instituições presentes na rede, 45,77% são nacionais e 54,23% internacionais.

As principais instituições parceiras, com quem a Fiocruz Pernambuco mais colaborou nos últimos dez anos, encontram-se na tabela abaixo:

**Tabela 6** – Principais instituições parceiras da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017

| <b>Principais instituições parceiras</b>  | <b>Quantidade de publicações em colaboração</b> |
|---|---|
| Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) | 372 (44,3%)                                     |
| Fiocruz                                   | 143 (17%)                                       |
| Universidade de Pernambuco (UPE)          | 114 (13,6%)                                     |
| Universidade de Bari (Itália)             | 84 (10%)  |
| Universidade de São Paulo (USP)           | 63 (7,5%)                                       |

Fonte: Elaboração própria.

Pelo percentual de instituições internacionais e conhecendo-se as principais instituições parceiras, observa-se que foi mantida a tendência do segundo período anteriormente apresentado, de maior abrangência geográfica nas colaborações estabelecidas pela Fiocruz Pernambuco.

Considerando somente as colaborações internacionais, ao longo dos últimos dez anos a Fiocruz Pernambuco colaborou com 56 países. Segue, na tabela abaixo, a lista dos países com pelo menos dez publicações em colaboração com a instituição:

**Tabela 7** – Principais países parceiros nas colaborações científicas internacionais da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017

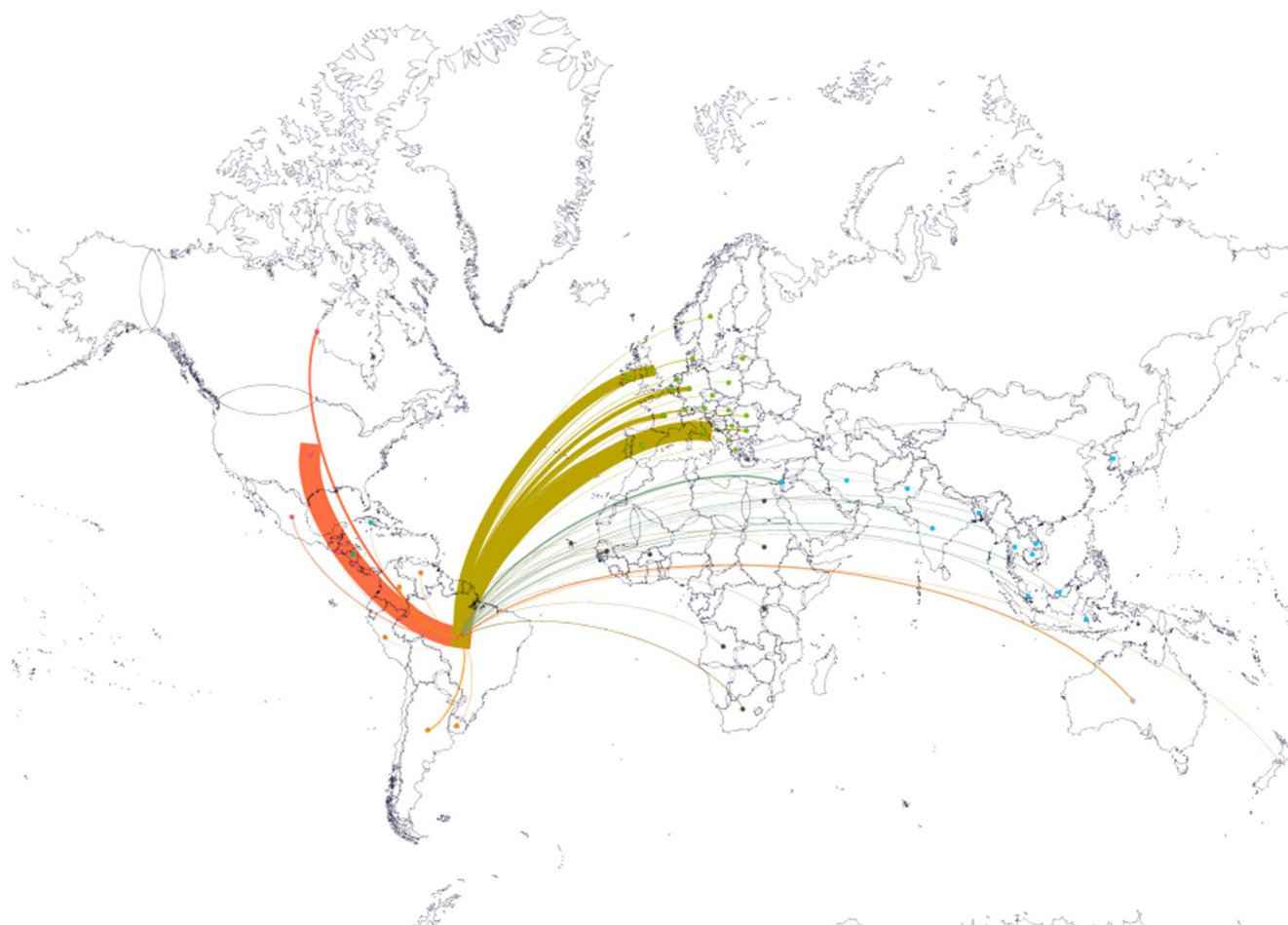
| <b>Principais países parceiros</b> | <b>Quantidade de publicações em colaboração</b> |
|------------------------------------|---|
| Estados Unidos                     | 104 (12,4%)                                     |
| Itália                             | 93 (11,1%)                                      |
| Reino Unido                        | 55 (6,5%)                                       |
| França                             | 24 (2,9%)                                       |
| Alemanha                           | 23 (2,7%)                                       |
| Espanha                            | 17 (2%)   |
| Canadá                             | 12 (1,4%)                                       |
| Portugal                           | 12 (1,4%)                                       |

Fonte: Elaboração própria.

É possível observar que os principais países parceiros da Fiocruz Pernambuco estão localizados na América do Norte e na Europa. Ademais, nota-se que as colaborações com os Estados Unidos e Itália são significativamente superiores em número do que com os demais países.

A figura abaixo traz a representação, no mapa-múndi, das colaborações internacionais da Fiocruz Pernambuco, em que é possível observar os principais países parceiros pela espessura das linhas de ligação. O exame atento do mapa aponta para uma maioria de colaborações com países europeus.

**Figura 11** – Mapa das colaborações internacionais da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017



Fonte: Elaboração própria.

Nota: As linhas que ligam os países representam as colaborações existentes entre eles. Quanto mais espessa a linha, maior o número de coautorias em publicações científicas (colaborações). As cores dos nós indicam o continente dos países parceiros: em verde, Europa; em azul, Ásia; em preto, África; em laranja, América do Sul; em rosa, América do Norte; em ciano, América Central; em marrom, Oceania.



Considerando somente a colaboração na América Latina<sup>32</sup>, percebe-se que, apesar da afinidade linguística, a Fiocruz Pernambuco pouco se relaciona com os países da região. A tabela abaixo apresenta os países com os quais a instituição colaborou nos últimos dez anos.

**Tabela 8** – Países parceiros da Fiocruz Pernambuco na América Latina, período 2008-2017

| <b>Países parceiros na América Latina</b> | <b>Quantidade de publicações em colaboração</b> |
|---|---|
| Colômbia                                  | 8   |
| Argentina                                 | 6   |
| México                                    | 4   |
| Venezuela                                 | 2   |
| Uruguai                                   | 2   |
| Costa Rica                                | 1   |
| Cuba                                      | 1   |
| El Salvador                               | 1   |
| Peru                                      | 1   |
| Nicarágua                                 | 1   |

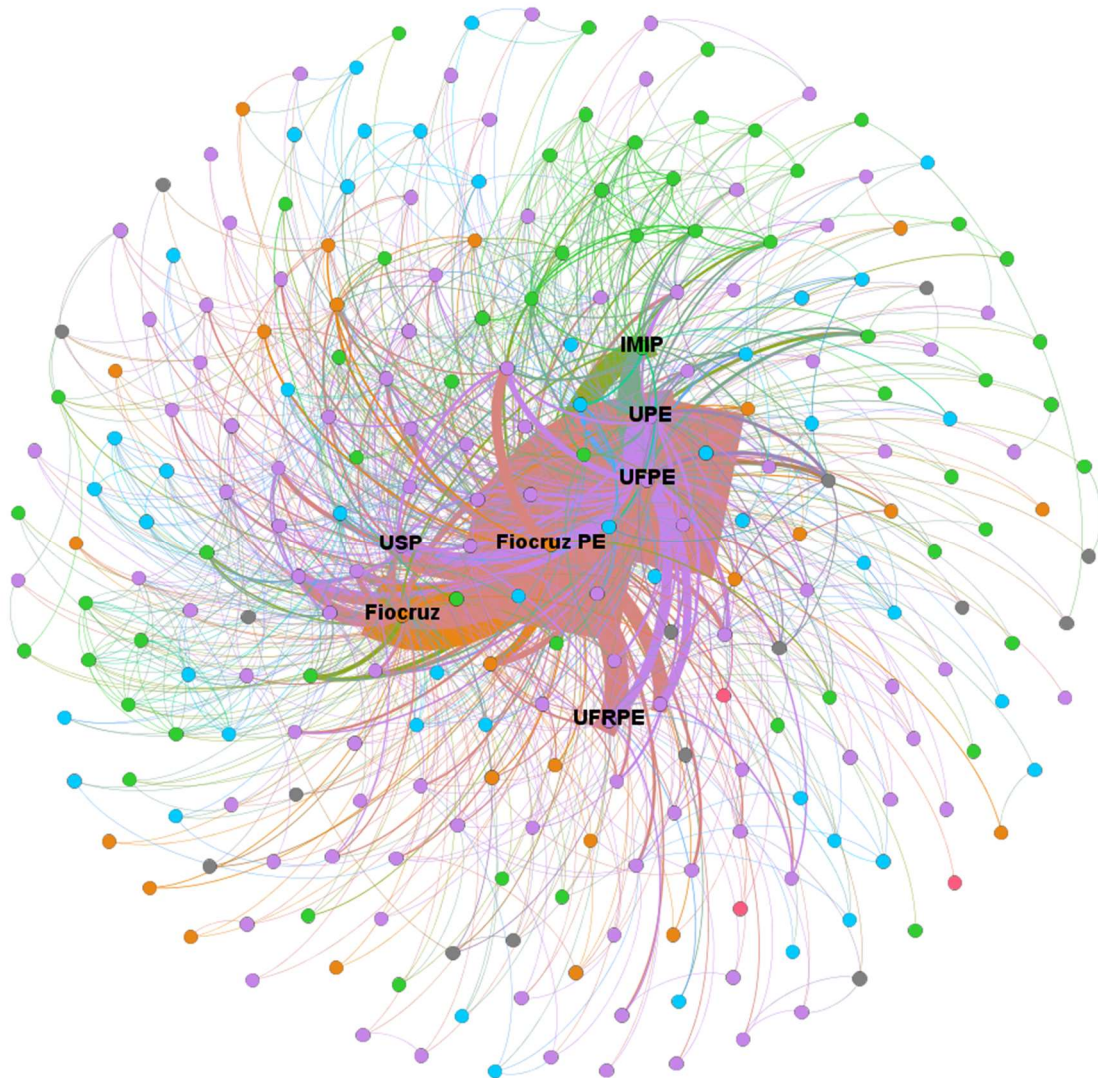
Fonte: Elaboração própria.

Voltando a atenção para as colaborações científicas nacionais, foi mapeada uma rede somente com instituições do país (figura abaixo), em que é possível observar os tipos de parceiros mais frequentes. As instituições foram classificadas como de Ensino, Saúde, Pesquisa, de Governo, Empresa ou Outros, de acordo com a sua atividade principal<sup>33</sup>.

<sup>32</sup> A América Latina engloba os seguintes países: Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, El Salvador, Guatemala, Haiti, Honduras, México, Nicarágua, Panamá, Paraguai, Peru, República Dominicana, Uruguai e Venezuela.

<sup>33</sup> Para mais detalhes quanto à classificação, ver Capítulo 4 (Procedimentos Metodológicos).

**Figura 12** – Rede de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco com instituições nacionais, classificadas por tipo, período 2008-2017



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os nós representam as instituições nacionais e a colaboração nas publicações científicas (coautoria) são representadas pelas ligações entre eles. Quanto mais espessa a linha que une os nós, maior a ligação (colaboração) existente. As cores dos nós indicam o tipo de instituição: de ensino (lilás), saúde (verde), ligada ao governo (azul), de pesquisa (laranja), empresa (rosa), outros (cinza). Em destaque, com denominação, estão as instituições nacionais que mais colaboraram com a Fiocruz Pernambuco no período.

Pela visualização da rede, com atenção à espessura das ligações, é possível perceber que a maior parte das colaborações científicas nacionais ocorre com instituições voltadas para o ensino. A tabela abaixo apresenta a distribuição das instituições parceiras por tipo:

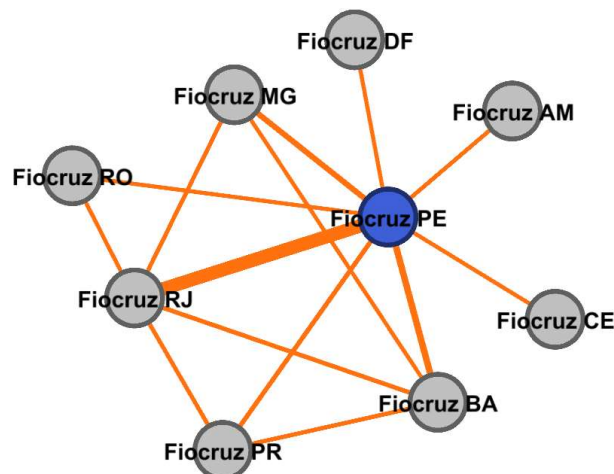
**Tabela 9** – Tipos de instituições nacionais parceiras da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017

| Tipos de Instituições Parceiras | Percentual de Instituições |
|---------------------------------|----------------------------|
| Ensino                          | 40,94%                     |
| Saúde                           | 22,83%                     |
| Governo                         | 18,5%                      |
| Pesquisa                        | 10,24%                     |
| Empresa                         | 1,18%                      |
| Outros                          | 6,3%                       |

Fonte: Elaboração própria.

Para avaliar a colaboração científica da Fiocruz Pernambuco realizada somente com as demais Unidades da Fiocruz, foi mapeada uma nova rede, apresentada na figura abaixo.

**Figura 13** – Rede de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco com as demais Unidades da Fiocruz, período 2008-2017



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os nós representam as Unidades da Fiocruz e a colaboração nas publicações científicas (coautoria) são representadas pelas ligações entre eles. Quanto mais espessa a linha que une os nós, maior a ligação (colaboração) existente. A Fiocruz Pernambuco está destacada em azul. O nó correspondente à Fiocruz RJ representa todas as Unidades localizadas no Estado sede da instituição.

A partir da visualização da rede mapeada, é possível observar que a principal parceira da Fiocruz Pernambuco na rede interna é a Fiocruz RJ, que corresponde às Unidades localizadas no Rio de Janeiro<sup>34</sup>. O resultado era esperado, uma vez que o nó representa mais de uma Unidade da instituição. Fora da sede, a principal Unidade parceira é a Fiocruz Bahia, seguida pela Fiocruz Minas Gerais, conforme apresentado na tabela abaixo.

**Tabela 10** – Quantitativo de colaborações da Fiocruz Pernambuco com as demais Unidades da Fiocruz, período 2008-2017

| Unidades da Fiocruz    | Quantidade de publicações em colaboração |
|------------------------|--|
| Fiocruz Rio de Janeiro | 100                                      |
| Fiocruz Bahia          | 27                                       |
| Fiocruz Minas Gerais   | 18                                       |
| Fiocruz Paraná         | 7  |
| Fiocruz Amazonas       | 2  |
| Fiocruz Brasília       | 1  |
| Fiocruz Ceará          | 1  |
| Fiocruz Rondônia       | 1  |

Fonte: Elaboração própria.

As principais áreas de pesquisa em colaboração com a Fiocruz Rio de Janeiro, Bahia e Minas Gerais estão expostas na tabela abaixo, de acordo com a classificação das áreas de conhecimento das publicações em coautoria com as Unidades<sup>35</sup>.

<sup>34</sup> Nesse estudo, decidiu-se por reunir todas as Unidades localizadas no Rio de Janeiro em um único nó, uma vez que muitos pesquisadores indicam filiação somente à Fiocruz RJ, sem especificar a Unidade a que pertencem. Embora esteja claro que essa opção metodológica compromete o resultado da rede, foi a forma possível encontrada para representar a rede de colaboração interna à Fiocruz.

<sup>35</sup> É importante mencionar que uma publicação pode ser classificada em mais de uma área de pesquisa.

**Tabela 11** – Principais áreas de pesquisa na colaboração entre a Fiocruz Pernambuco e a Fiocruz RJ, BA e MG

| <b>Unidade Parceira</b> | <b>Principais Áreas do Conhecimento</b> | <b>Número de publicações em colaboração</b> |
|-------------------------|---|---|
| Fiocruz Rio de Janeiro  | Parasitologia                           | 24  |
|                         | Medicina Tropical                       | 23  |
|                         | Saúde Pública, Ambiental e Ocupacional  | 22  |
| Fiocruz Bahia           | Farmacologia e Farmácia                 | 10  |
|                         | Parasitologia                           | 5   |
|                         | Pesquisa e Medicina Experimental        | 4   |
|                         | Medicina Tropical                       | 4   |
| Fiocruz Minas Gerais    | Medicina Tropical                       | 6   |
|                         | Parasitologia                           | 5   |

Fonte: Elaboração própria.

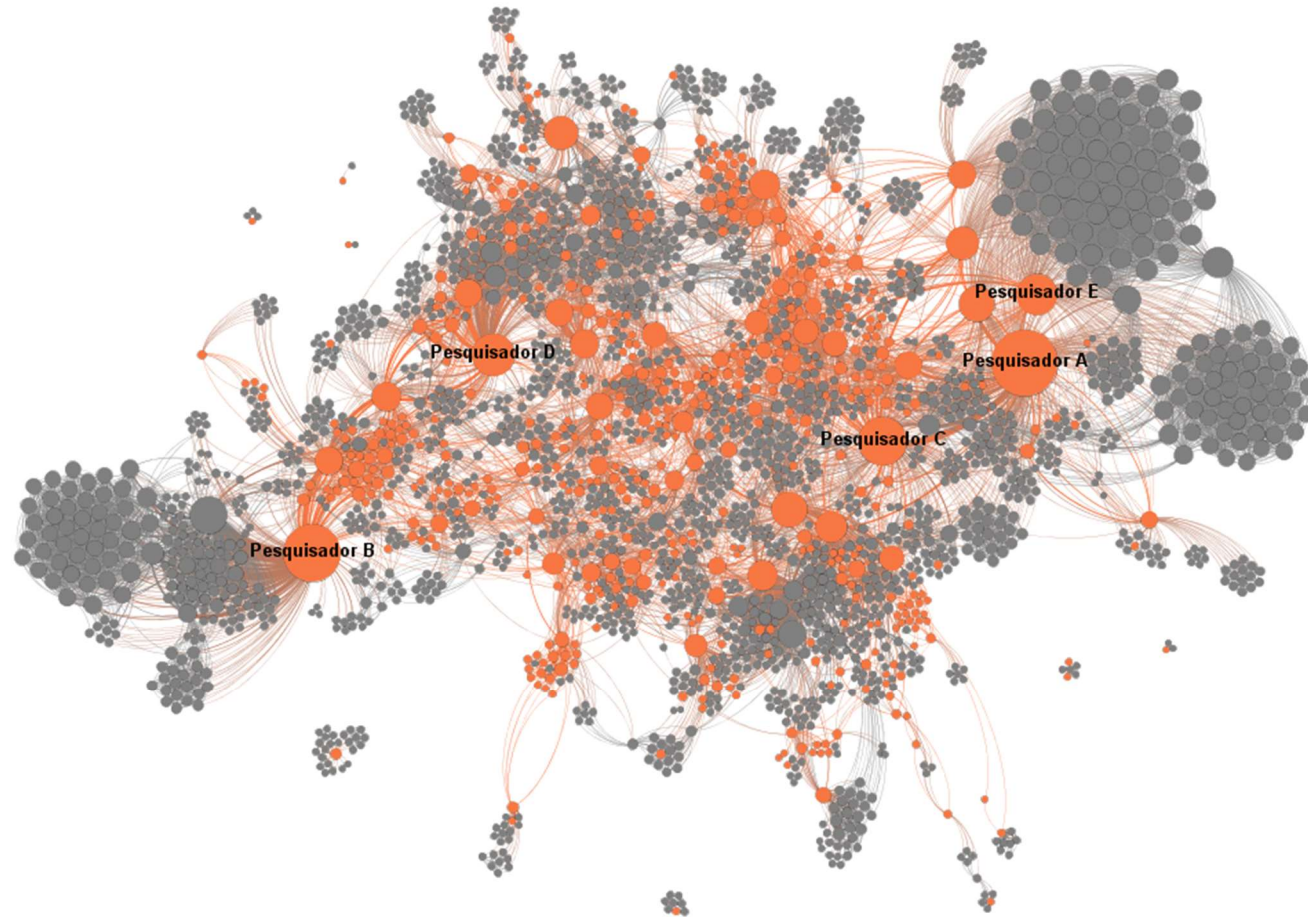
Percebe-se que há diferentes áreas de conhecimento envolvidas nas colaborações entre as Unidades, entretanto Parasitologia e Medicina Tropical aparecem como áreas comuns de destaque nessas parcerias.

#### 5.4. REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA DOS PESQUISADORES DA FIOCRUZ PERNAMBUCO: INFLUÊNCIA E CENTRALIDADE

Para uma análise mais abrangente das colaborações científicas da Fiocruz Pernambuco, foram mapeadas redes com foco nos pesquisadores (autores). A figura a seguir representa a rede autoral dos últimos dez anos (2008-2017), com destaque para os cinco pesquisadores mais centrais, ou seja, aqueles que mais colaboraram com outros pesquisadores no período.



**Figura 14** – Rede autoral de colaboração científica Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os nós representam os pesquisadores (autores) e a colaboração nas publicações científicas (coautoria) são representadas pelas ligações entre eles. Quanto mais espessa a linha que une os nós, maior a ligação (colaboração) existente. Quanto maior o nó, maior a sua centralidade de grau. As cores dos nós indicam se o pesquisador declarou-se filiado à Fiocruz Pernambuco (laranja) ou filiado a outra instituição (cinza). Em destaque, com denominação, estão os cinco pesquisadores mais centrais da Fiocruz Pernambuco no período.

A rede de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco envolve 2.505 pesquisadores, dentre os quais 495 declararam filiação à instituição (19,76%). É possível observar que os pesquisadores da Fiocruz Pernambuco estão distribuídos por toda rede e não concentrados somente em um grupo institucional, o que indica que eles colaboram de maneira abrangente com outros pesquisadores, independente desses serem filiados à Fiocruz.

Com o objetivo de identificar os pesquisadores da Fiocruz Pernambuco mais influentes da instituição, foram calculadas duas medidas de centralidade: a centralidade de grau, que indica o número de atores aos quais o nó (pesquisador) em questão está diretamente ligado, e a centralidade de intermediação, que se refere à medida que o nó (pesquisador) atua como conexão/ponte entre outros atores da rede. Os pesquisadores que mais colaboram (centralidade de grau) têm acesso a muita informação, pois ligam-se a diferentes pessoas para acessar diferentes conhecimentos. Já os pesquisadores que mais atuam como intermediadores têm o potencial de controlar a informação, uma vez que conectam pesquisadores que, sem eles, estariam desconectados.

A tabela abaixo apresenta os cinco principais pesquisadores da Fiocruz Pernambuco, conforme a centralidade de grau e de intermediação, em comparação com os dados relativos à produção científica, baseado na quantidade de publicações em que o pesquisador se apresenta como autor/coautor.

**Tabela 12** – Principais pesquisadores da Fiocruz Pernambuco, baseado na centralidade de grau, centralidade de intermediação e produtividade, período 2008-2017

| Pesquisadores mais centrais |               |                      |      |               |                               | Pesquisadores mais produtivos |               |                       |
|-----------------------------|---------------|----------------------|------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|-----------------------|
| Rank                        | Autor         | Centralidade de Grau | Rank | Autor         | Centralidade de Intermediação | Rank                          | Autor         | Número de Publicações |
| 1                           | Pesquisador A | 0,121                | 1    | Pesquisador A | 0,123                         | 1                             | Pesquisador B | 83                    |
| 2                           | Pesquisador B | 0,103                | 2    | Pesquisador B | 0,121                         | 2                             | Pesquisador D | 49                    |
| 3                           | Pesquisador C | 0,85                 | 3    | Pesquisador C | 0,106                         | 3                             | Pesquisador A | 44                    |
| 4                           | Pesquisador D | 0,73                 | 4    | Pesquisador F | 0,102                         | 4                             | Pesquisador K | 41                    |
| 5                           | Pesquisador E | 0,71                 | 5    | Pesquisador D | 0,101                         | 5                             | Pesquisador F | 39                    |

Fonte: Elaboração própria.



Visualizando a tabela anterior, percebe-se que os Pesquisadores A, B e D aparecem entre os principais pesquisadores da instituição em todas as métricas utilizadas – centralidade de grau, intermediação e produtividade. No que se refere à centralidade de grau e de intermediação, destacam-se Pesquisadores A, B e C, o que indica que eles estão conectados com muitos pesquisadores e, ao mesmo tempo, detêm o controle da informação. Isso os torna atores influentes na rede, que podem facilitar tanto o acesso a novas informações e recursos como a transferência de conhecimentos. Identificados como os mais centrais, esses três pesquisadores foram escolhidos para a realização das entrevistas desta pesquisa.

Vale esclarecer que a centralidade de grau é uma medida de colaboração e que não se relaciona, necessariamente, à quantidade de publicações. Por essa razão, o Pesquisador C, embora esteja entre os três primeiros pesquisadores mais centrais (centralidade de grau e de intermediação), não aparece entre os cinco mais produtivos.

Porém, comparando os pesquisadores mais produtivos cientificamente com aqueles com maior centralidade de grau e intermediação, percebe-se que todos constam como os pesquisadores mais centrais da instituição – com exceção do Pesquisador K –, o que pode apontar para uma relação entre a produtividade e o acesso e/ou controle da informação.

Outra observação que pode ser feita é em relação ao Pesquisador F que, embora não se apresente entre os pesquisadores mais colaborativos, possui um papel importante enquanto intermediador.

Para auxiliar o exame acerca dos pesquisadores mais importantes para a Fiocruz Pernambuco, o quadro abaixo apresenta o enquadramento funcional de cada um deles.

**Quadro 8** – Enquadramento funcional dos principais pesquisadores da Fiocruz Pernambuco no período 2008-2017

| Pesquisadores mais centrais | Enquadramento funcional  |
|-----------------------------|--|
| A                           | Pesquisador (servidor) <sup>36</sup> da Fiocruz Pernambuco desde 2006, mas com atuação na instituição desde 2002.        |
| B                           | Pesquisador (servidor) da Fiocruz Pernambuco desde 2014, mas com atuação na instituição, em outros vínculos, desde 2005. |
| C                           | Pesquisador Colaborador (bolsista) da Fiocruz Pernambuco desde 2002.   |
| D                           | Pesquisador (servidor) da Fiocruz Pernambuco desde 2003, mas com atuação na instituição desde 1996.                      |
| E                           | Atuou de 2006 a 2016 como Pesquisador Colaborador na Fiocruz Pernambuco.   |
| F                           | Pesquisador (servidor) da Fiocruz Pernambuco desde 1992.   |
| K                           | Pesquisador (servidor) da Fiocruz Pernambuco desde 1991.   |

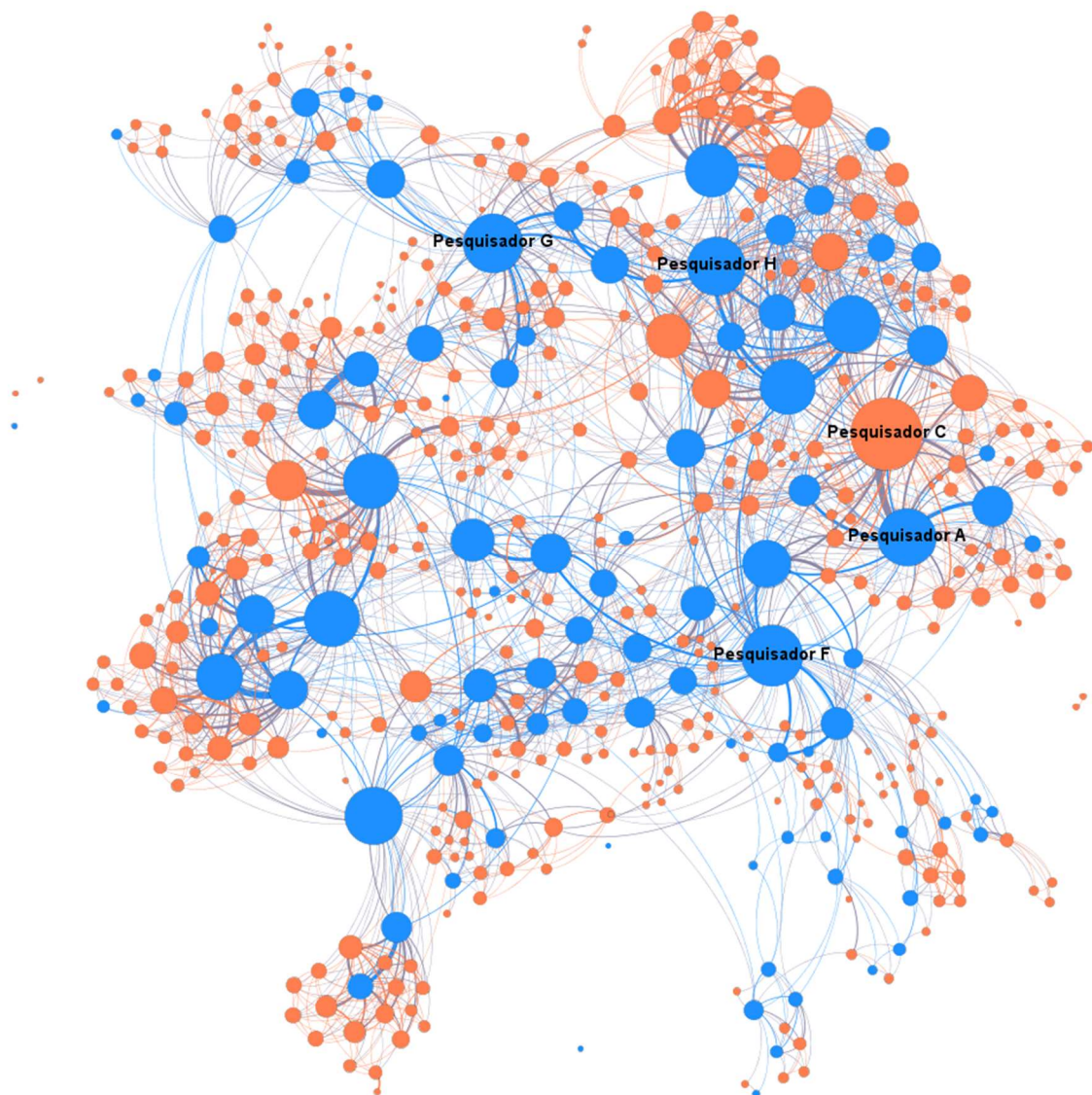
Fonte: Elaboração própria, baseado nos dados informados no Currículo Lattes de cada pesquisador.

Dentre os cinco pesquisadores mais centrais, percebe-se que somente três são enquadrados como servidores da instituição, ou seja, possuem vínculos efetivos. Já os Pesquisadores C e E possuem um vínculo que pode ser considerável mais frágil ou instável, de Pesquisador Colaborador, uma vez que depende da existência de bolsas para permanência na instituição, o que aumenta a possibilidade de saída a depender das condições existentes. Ainda nessa perspectiva, destaca-se o Pesquisador B, que aparece como o mais produtivo, o segundo mais central e intermediador, apesar de ter-se tornado servidor da instituição somente nos últimos três anos abrangidos por essa pesquisa, ou seja, em 2014; tendo, anteriormente, atuado em outro vínculo. A existência de não servidores dentre os principais pesquisadores pode demonstrar a importância desses vínculos na produção da pesquisa da Fiocruz Pernambuco.

<sup>36</sup> A denominação “Pesquisador (servidor)” utilizada neste quadro não corresponde ao cargo específico de pesquisador, mas se refere a qualquer profissional filiado formalmente à instituição, por meio de concurso público ou equivalente.

Considerando-se somente a colaboração científica interna da Fiocruz Pernambuco, em que constam como atores (nós) apenas os pesquisadores declarados filiados à instituição, foi montada a rede apresentada na figura abaixo.

**Figura 15** – Rede interna de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os nós representam os pesquisadores (autores) que declararam filiação à Fiocruz Pernambuco e a colaboração nas publicações científicas (coautoria) são representadas pelas ligações entre eles. Quanto mais espessa a linha que une os nós, maior a ligação (colaboração) existente. Quanto maior o nó, maior o grau de centralidade. As cores dos nós indicam se o pesquisador é servidor da Fiocruz Pernambuco (azul) ou se possui um vínculo diverso (laranja). Em destaque, com denominação, estão os cinco pesquisadores mais centrais da Fiocruz Pernambuco no período.

Na rede interna de colaboração da Fiocruz Pernambuco, há 495 pesquisadores/autores, dos quais 19,39% são servidores e 80,61% possuem outros vínculos com a instituição. Foi identificada a existência de sete componentes na rede, sendo cinco pesquisadores isolados, ou seja, que não colaboram com nenhum outro pesquisador da Fiocruz Pernambuco, e um grupo com dois pesquisadores que colaboram, internamente, apenas entre si, além do componente gigante, formado pelos demais pesquisadores da instituição (488), representando 98,6% da rede.

Para avaliar os pesquisadores mais importantes da rede interna de colaboração da Fiocruz Pernambuco, foram calculadas as medidas de centralidade de grau e de intermediação de cada indivíduo. A tabela abaixo apresenta os cinco pesquisadores que mais se destacaram em cada uma das métricas:

**Tabela 13** – Pesquisadores mais importantes da rede interna de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, segundo as medidas de centralidade de grau e de intermediação, período 2008-2017

| Pesquisadores mais centrais |               |                      |      |               |                               |
|-----------------------------|---------------|----------------------|------|---------------|-------------------------------|
| Rank                        | Autor         | Centralidade de Grau | Rank | Autor         | Centralidade de Intermediação |
| 1                           | Pesquisador C | 0,135                | 1    | Pesquisador F | 0,167                         |
| 2                           | Pesquisador F | 0,113                | 2    | Pesquisador G | 0,091                         |
| 3                           | Pesquisador G | 0,109                | 3    | Pesquisador D | 0,091                         |
| 4                           | Pesquisador A | 0,107                | 4    | Pesquisador I | 0,088                         |
| 5                           | Pesquisador H | 0,107                | 5    | Pesquisador J | 0,087                         |

Fonte: Elaboração própria.

Considerando somente a rede interna de colaboração científica, os pesquisadores mais importantes são F e G, que aparecem tanto como os mais centrais quanto como intermediadores de informação. Provavelmente esses atores dispõem de um papel importante na manutenção da conectividade da rede interna, garantindo que outros pesquisadores menos conectados tenham acesso a conhecimentos e informações.

É possível comparar os pesquisadores mais importantes segundo as métricas

de centralidade de grau e de intermediação, tanto da rede interna quanto da rede geral, e ainda os pesquisadores com maior produção científica, conforme apresentado no quadro abaixo.

**Quadro 9** – Comparação entre os pesquisadores mais centrais da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017

| <b>Pesquisadores</b>        |               |                     |               |                                      |               |                     |               |                            |               |
|-----------------------------|---------------|---------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|---------------------|---------------|----------------------------|---------------|
| <b>Centralidade de Grau</b> |               |                     |               | <b>Centralidade de Intermediação</b> |               |                     |               | <b>Produção Científica</b> |               |
| <b>Rede Geral</b>           |               | <b>Rede Interna</b> |               | <b>Rede Geral</b>                    |               | <b>Rede Interna</b> |               |                            |               |
| 1                           | Pesquisador A | 1                   | Pesquisador C | 1                                    | Pesquisador A | 1                   | Pesquisador F | 1                          | Pesquisador B |
| 2                           | Pesquisador B | 2                   | Pesquisador F | 2                                    | Pesquisador B | 2                   | Pesquisador G | 2                          | Pesquisador D |
| 3                           | Pesquisador C | 3                   | Pesquisador G | 3                                    | Pesquisador C | 3                   | Pesquisador D | 3                          | Pesquisador A |
| 4                           | Pesquisador D | 4                   | Pesquisador A | 4                                    | Pesquisador F | 4                   | Pesquisador I | 4                          | Pesquisador K |
| 5                           | Pesquisador E | 5                   | Pesquisador H | 5                                    | Pesquisador D | 5                   | Pesquisador J | 5                          | Pesquisador F |

Fonte: Elaboração própria.

Pelo quadro comparativo, percebe-se que alguns pesquisadores se destacam tanto na rede interna quanto na rede geral. O Pesquisador A é o mais central na rede geral, mas também é importante na rede interna, além de ser um dos pesquisadores mais produtivos. O Pesquisador B, apresentado como o mais produtivo, possui claramente uma significativa atuação externa, mas sem interação expressiva na rede interna. Já o Pesquisador C é central tanto na rede interna quanto na geral, porém não se destaca na produtividade. Por fim, os Pesquisadores D e F ocupam posições centrais tanto na rede interna quanto na rede geral e ainda se sobressaem na produção científica.

#### 5.5. ÁREAS DE PESQUISA DA FIOCRUZ PERNAMBUCO

Para avaliação das áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco e como elas se relacionam, foram construídas três redes, sendo uma de cada quinquênio (2008-2012 e 2013-2017), para observar a evolução ao longo do tempo, e uma cumulativa (2008-2017), utilizando-se, para tanto, os dados das áreas de conhecimento das publicações científicas da instituição no período analisado<sup>37</sup>.

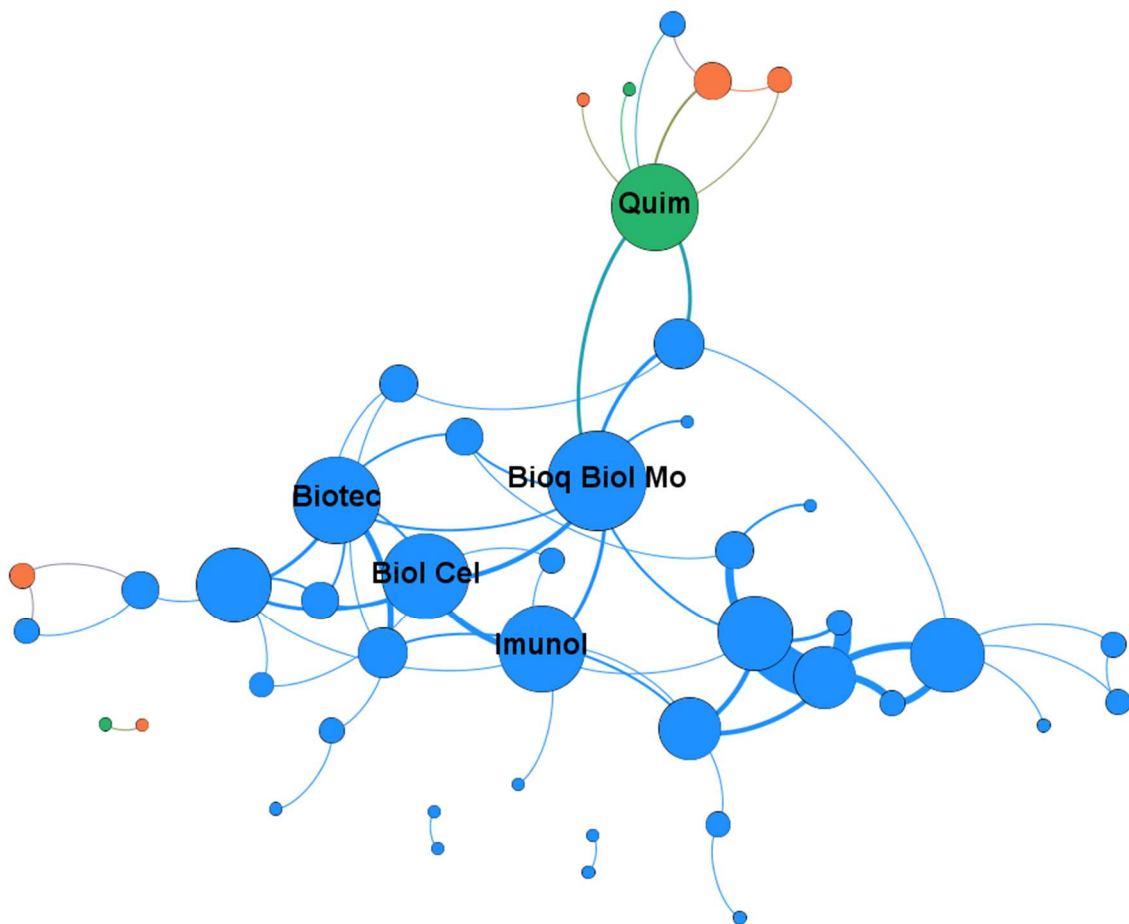
Na figura abaixo são apresentadas as redes de áreas de pesquisa da instituição em cada quinquênio.

---

<sup>37</sup> Os dados utilizados para a elaboração dessas redes incluíram a publicação com mais de 100 autores, conforme exposto no início do capítulo.

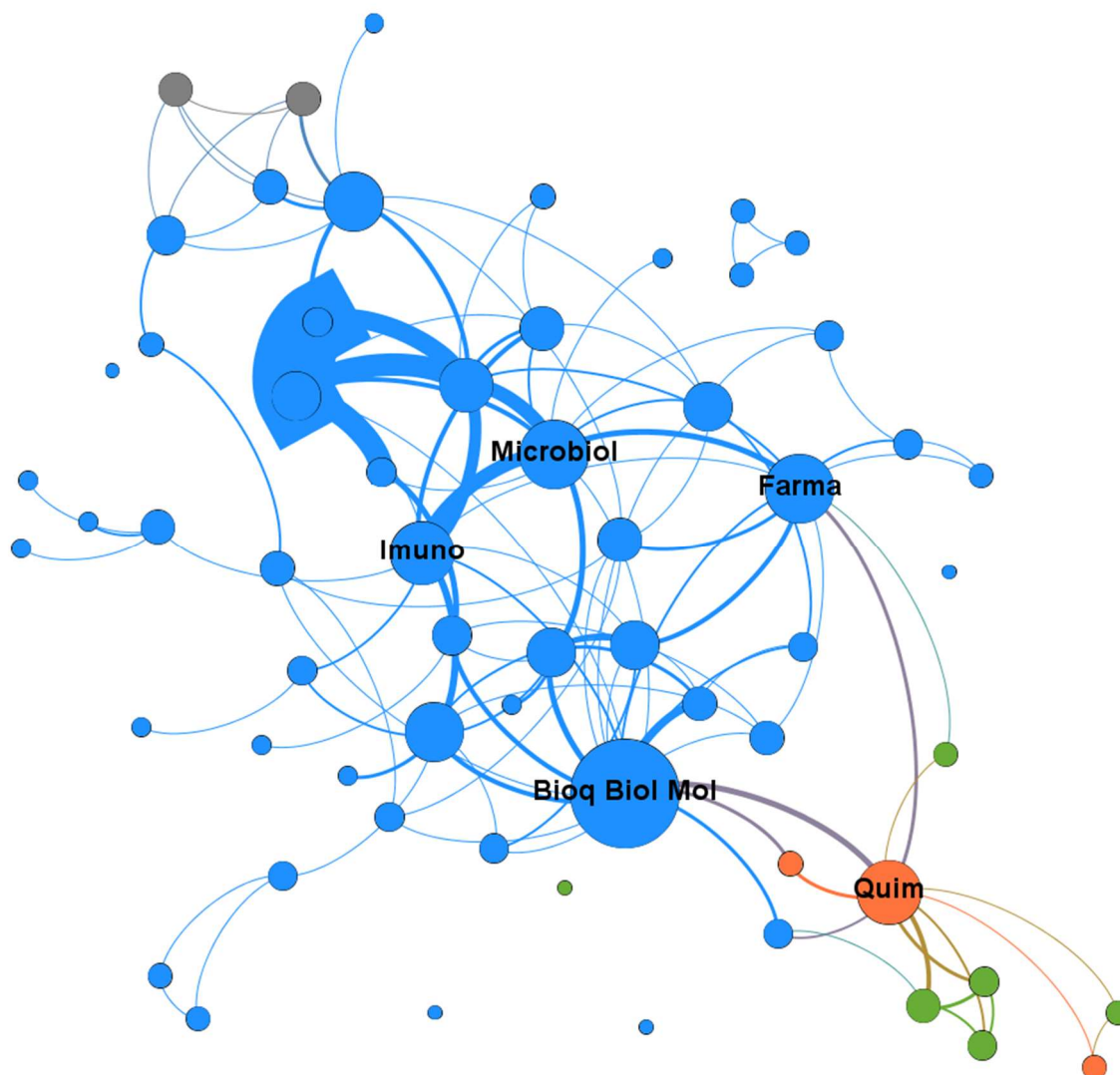
**Figura 16** – Redes de áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco, por quinquênio

2008 - 2012





2013 - 2017



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os nós representam as áreas do conhecimento das publicações científicas da Fiocruz Pernambuco e as ligações entre eles representam a interação (coocorrência) das áreas numa mesma publicação. Quanto mais espessa a linha que une os nós, maior a ligação (frequência de interação) existente. Quanto maior o nó, maior a centralidade de grau da área do conhecimento correspondente. As cores dos nós indicam a macro área do conhecimento na qual a área de pesquisa está incluída: Ciências da Vida e Biomedicina em azul, Tecnologia em laranja, Ciências Físicas em verde e Ciências Sociais em cinza. Em destaque, com denominação, estão as cinco áreas do conhecimento mais centrais da Fiocruz Pernambuco em cada período.

No primeiro quinquênio (2008-2012), foram identificadas 50 áreas de pesquisa diferentes, havendo um incremento do número para 62 áreas no segundo período (2013-2017), o que sugere expansão da área de atuação da Fiocruz Pernambuco nos últimos dez anos. Ademais, o aumento do número de ligações entre os nós indica uma maior interação entre as áreas, o que também é constatado pelo incremento do grau médio, que representa a média de interação entre as áreas, conforme demonstrado na tabela abaixo.

**Tabela 14** – Principais métricas das redes de áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco por período

| Métricas   | Período     |             |
|------------|-------------|-------------|
|            | 2008 – 2012 | 2013 – 2017 |
| Nós        | 50          | 62          |
| Ligações   | 114         | 181         |
| Grau médio | 2,56        | 3,89        |

Fonte: Elaboração própria.

Comparando as áreas de pesquisa mais centrais da Fiocruz Pernambuco em cada período, percebe-se que há uma continuidade das áreas de Química, Imunologia e Bioquímica e Biologia Molecular nos dois quinquênios, com esta última área mantendo-se como a mais central nos dez anos. Ao mesmo tempo, no segundo período outras áreas – como Microbiologia e Farmacologia e Farmácia – ganham força na interação com as demais. A tabela abaixo apresenta as principais áreas de cada período, com os respectivos graus de centralidade, que indicam com quantas áreas o conhecimento coocorreu/colaborou no período indicado, entendendo-se que quanto maior o grau, maior a interação com outras áreas.

**Tabela 15** – Áreas de pesquisa mais centrais da Fiocruz Pernambuco, por período

| Período                                |                      |                                 |                      |
|--|----------------------|---------------------------------|----------------------|
| 2008 – 2012                            |                      | 2013 – 2017                     |                      |
| Áreas de pesquisa mais centrais        | Centralidade de Grau | Áreas de pesquisa mais centrais | Centralidade de Grau |
| Bioquímica e Biologia Molecular        | 0,163                | Bioquímica e Biologia Molecular | 0,311                |
| Biotecnologia e Microbiologia Aplicada | 0,142                | Microbiologia                   | 0,180                |
| Biologia Celular                       | 0,142                | Farmacologia e Farmácia         | 0,180                |
| Imunologia                             | 0,142                | Imunologia                      | 0,163                |
| Química                                | 0,142                | Química                         | 0,163                |

Fonte: Elaboração própria.

A tabela abaixo apresenta as áreas de pesquisa em que a Fiocruz Pernambuco mais publicou nos períodos avaliados.

**Tabela 16** – Áreas de pesquisa em que a Fiocruz Pernambuco mais publicou nos períodos de 2008-2012 e 2013-2017

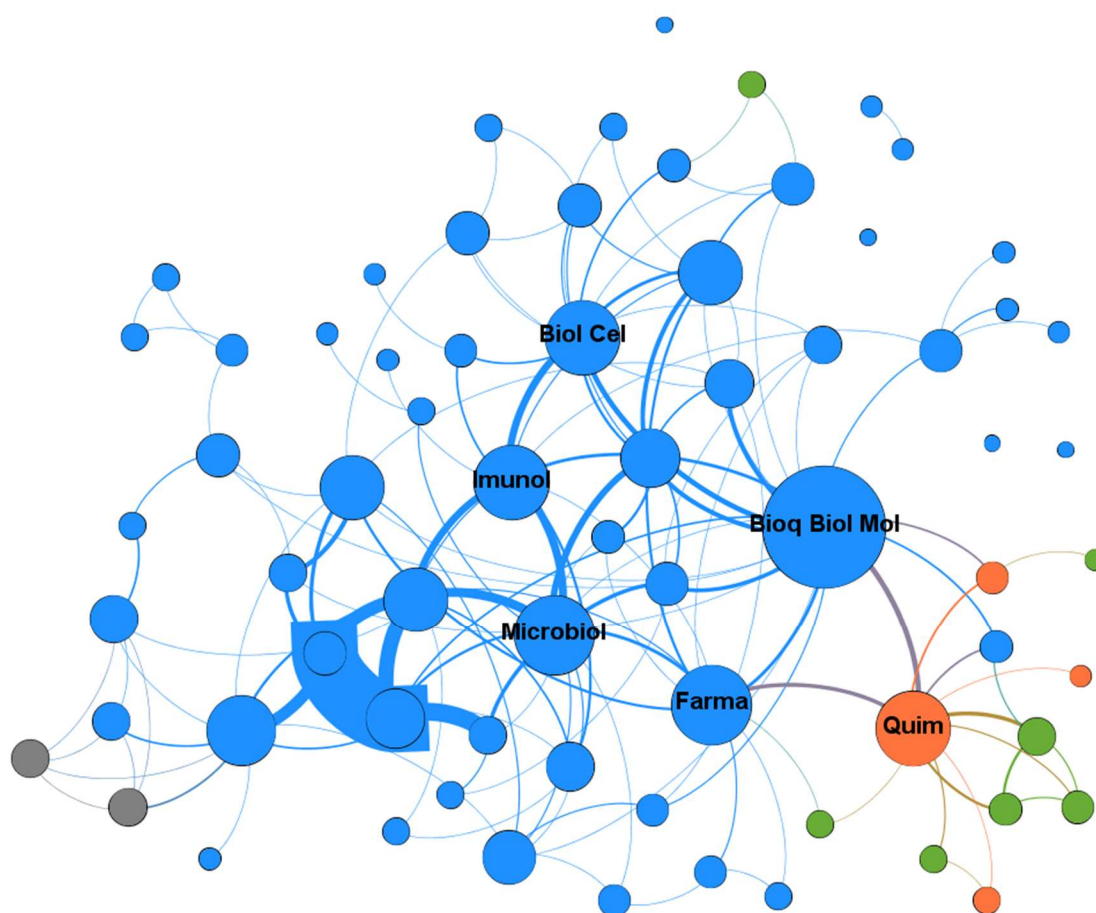
| Período                                |                       |  |                       |
|--|-----------------------|--|-----------------------|
| 2008 – 2012                            |                       | 2013 – 2017                            |                       |
| Área de pesquisa                       | Número de publicações | Área de pesquisa                       | Número de publicações |
| Saúde Pública, Ambiental e Ocupacional | 70                    | Parasitologia                          | 140                   |
| Medicina Tropical                      | 70                    | Medicina Tropical                      | 91                    |
| Parasitologia                          | 64                    | Saúde Pública, Ambiental e Ocupacional | 67                    |
| Bioquímica e Biologia Molecular        | 18                    | Doenças Infecciosas                    | 68                    |
| Ciências Veterinárias                  | 18                    | Imunologia                             | 49                    |

Fonte: Elaboração própria.

Comparando-se as áreas de pesquisa mais centrais com as mais produtivas, percebe-se que não há uma correspondência.

A figura abaixo apresenta a rede cumulativa das áreas do conhecimento da Fiocruz Pernambuco em todo o período analisado (2008-2017), permitindo uma observação mais abrangente sobre a interação das áreas de pesquisa da instituição.

**Figura 17** – Rede de áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os nós representam as áreas do conhecimento das publicações científicas da Fiocruz Pernambuco e as ligações entre eles representam a interação das áreas. Quanto mais espessa a linha que une os nós, maior a ligação (frequência de interação) existente. Quanto maior o nó, maior o grau de centralidade da área de pesquisa correspondente. As cores dos nós indicam a macro área do conhecimento a qual a área de pesquisa está inserida: Ciências da Vida e Biomedicina em azul, Tecnologia em laranja, Ciências Físicas em verde e Ciências Sociais em cinza. Em destaque, com denominação, estão as cinco áreas de pesquisa mais centrais da Fiocruz Pernambuco no período.

A rede apresenta 69 diferentes áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco no período de 2008-2017, com média de 4,174 interações entre as áreas, conforme

apontam as métricas expostas na tabela abaixo.

**Tabela 17** – Principais métricas da rede de áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017

| Métricas   | 2008 – 2012 |
|------------|-------------|
| Nós        | 69          |
| Ligações   | 213         |
| Grau médio | 4,174       |

Fonte: Elaboração própria.

Em relação às áreas de pesquisa mais centrais da Fiocruz Pernambuco, ou seja, aquelas que possuem maior número de relações com outras áreas, percebe-se que é mantida a tendência do segundo quinquênio, adicionando-se a Biologia Celular na lista, consoante apresentado na tabela abaixo.

**Tabela 18** – Áreas de pesquisa mais centrais da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017

| Áreas de Pesquisa               | Centralidade de grau |
|---------------------------------|----------------------|
| Bioquímica e Biologia Molecular | 0,294                |
| Microbiologia                   | 0,176                |
| Farmacologia e Farmácia         | 0,176                |
| Imunologia                      | 0,161                |
| Química                         | 0,161                |
| Biologia Celular                | 0,161                |

Fonte: Elaboração própria.

Pelo grau de centralidade, a área de Bioquímica e Biologia Molecular aparece como a mais importante, interagindo com 20 outras áreas – número de colaboração significativamente superior às demais áreas destacadas como centrais.

Dentre as áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco, as que mais interagem entre si são Parasitologia e Medicina Tropical (peso 100), Parasitologia e Ciências

Veterinárias (peso 27) e Parasitologia e Doenças Infecciosas (peso 23). É importante observar que o fato de a área de Parasitologia não constar entre as áreas mais centrais da instituição, indica que ela interage muito, mas com poucas áreas. E, embora essas áreas não estejam listadas entre as cinco mais centrais, elas aparecem como as áreas em que a Fiocruz Pernambuco mais publica – com exceção de Ciências Veterinárias –, conforme exposto na tabela abaixo.

**Tabela 19** – Principais áreas de pesquisa das publicações científica da Fiocruz Pernambuco, período 2008-2017

| Áreas de Pesquisa                      | Número de publicações |
|--|-----------------------|
| Parasitologia                          | 204                   |
| Medicina Tropical                      | 161                   |
| Saúde Pública, Ambiental e Ocupacional | 137                   |
| Doenças Infecciosas                    | 70                    |
| Imunologia                             | 64                    |
| Microbiologia                          | 59                    |

Fonte: Elaboração própria.

Assim como constatado nos quinquênios, não se verifica uma correspondência entre as áreas de pesquisa mais centrais e as mais produtivas.

Observando a rede, é possível ainda visualizar quatro nós desconectados da rede, que correspondem às áreas Tecnologia de Laboratório Médico, Reumatologia, Enfermagem e Nutrição&Dieta. O isolamento dos nós indica que essas áreas não interagem com outras áreas de atuação da Fiocruz Pernambuco.

## 5.6. ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE COLABORAÇÃO

O IDC da Fiocruz Pernambuco foi calculado com base nos dados constantes na rede institucional de colaboração científica, referente a todo o período analisado no estudo (2008-2017). Assim, foram identificadas 2.216 relações de coautoria da Fiocruz Pernambuco com outras instituições, sendo que 1.655 delas ocorreram mais

de uma vez (duplicadas). Aplicando esses números à fórmula adotada por Fonseca (2015), encontra-se o IDC da Fiocruz Pernambuco igual a 0,25, o que indica um padrão de colaboração mais próximo à exploração do que à exploração de parceiros.

## **6. AS REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA DA FIOCRUZ PERNAMBUCO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA NA INSTITUIÇÃO**

A discussão sobre as contribuições das redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco para o desenvolvimento da pesquisa na instituição foi feita com base nos resultados obtidos nos indicadores de avaliação de redes de colaboração, adotados nesse estudo, em paralelo ao discurso dos gestores (Diretor e Vice-Diretor de Pesquisa) e pesquisadores centrais identificados na rede da instituição (Pesquisadores A, B e C).

O exame do número de publicações da Fiocruz Pernambuco ao longo do período analisado (Gráfico 1, p. 85) mostrou que houve um aumento na produção científica institucional – embora não constante –, sobretudo nos últimos dois anos – 2016 e 2017. De acordo com os registros, quase 90% das publicações refere-se a artigos científicos (Tabela 1, p. 85).

O aumento da produção científica demonstra que a Fiocruz Pernambuco segue a sua orientação enquanto instituição de pesquisa voltada para a melhoria das condições da população do nordeste brasileiro, conforme propõe sua missão (Quadro 6, p. 77). Em relação ao envolvimento institucional em P&D, percebe-se um número significativo de inovações tecnológicas sem pedido de patente (Quadro 7, p. 80 e 81), o que pode indicar que a instituição não conta com uma estratégia patentária ou de gestão de sua propriedade intelectual. Segundo Fonseca (2015), o depósito de patente indica que a instituição está na, ou perto da, fronteira tecnológica de determinado campo do conhecimento e que tem avançado na área.

Nesse contexto, a inovação deve ser entendida como um processo atrelado à geração de conhecimento, não sendo possível pensar no desenvolvimento tecnológico sem pesquisa científica básica de qualidade (BRASIL, 2016). A atual Estratégia Nacional de CT&I coloca a saúde como um de seus temas estratégicos, indicando que ações em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) devem ser prioritárias. Assim, a Fiocruz Pernambuco, como instituição de pesquisa voltada para a saúde pública, deve realizar esforços constantes no sentido de melhorar a sua capacidade científica e tecnológica.

A avaliação do indicador de *Colaboração estruturada para o avanço do*



*conhecimento científico* permitiu identificar, mapear e caracterizar as redes de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco e evidenciou a evolução da colaboração durante o período analisado. Considerando a rede institucional, houve um aumento em 152% no número de parceiros do primeiro para o segundo quinquênio, e mais do que dobraram as interações entre eles (Figura 9, p. 87 e 88, e Tabela 3, p. 89). Esse resultado segue a tendência de intensificação de colaborações em todos os campos da ciência (WUCHTY; JONES; UZZY, 2007).

Apesar de sua expansão, a rede continua coesa, ou seja, bem conectada, embora essa coesão não seja igualmente distribuída em toda a rede, havendo grupos que colaboram mais frequentemente entre si.

Não obstante o alto número de parceiros institucionais identificado, percebe-se que há uma concentração das colaborações da Fiocruz Pernambuco com poucas instituições. Assim, tanto no primeiro quanto no segundo quinquênio, mais de 40% das colaborações institucionais são com a UFPE, seguido pela Fiocruz e UPE, que juntos somam aproximadamente 30% das colaborações (Tabela 4, p. 90), de forma que somente três instituições correspondem a aproximadamente 70% de todas as colaborações da Fiocruz Pernambuco.

Esse fato é corroborado pelo resultado do *Índice de diversidade de colaboração* da Fiocruz Pernambuco que é de 0,25, o que demonstra que o padrão de colaboração institucional da Fiocruz Pernambuco tem um caráter mais explorativo do que explorativo, indicando que a instituição tende a manter maior relação com as instituições que já são parceiras do que buscar interação com outros (LI; LIAO; YEN, 2013), o que está relacionado a uma busca por eficiência, ganho em competitividade e produtividade (MARCH, 1991).

Quando comparados os dois quinquênios, observa-se que no primeiro período as principais instituições parceiras estavam localizadas geograficamente próximas à Fiocruz Pernambuco (todas no mesmo Estado<sup>38</sup>), tendo havido, no segundo período, uma mudança nesse perfil, com a inclusão de duas instituições mais distantes (Universidade de Bari, Itália, e USP) no rol das principais parceiras. Essa alteração no perfil dos parceiros também ocorreu em relação à nacionalidade (Tabela 5, p. 91), observando-se que no primeiro período a maioria das instituições parceiras eram

---

<sup>38</sup> Com exceção da Fiocruz, que se constitui, no entanto, instituição de origem da Fiocruz Pernambuco.

nacionais e, no segundo, eram estrangeiras. Esses dados indicam uma internacionalização da pesquisa da Fiocruz Pernambuco.

Na verdade, há uma tendência mundial nesse sentido, observada pelo crescimento exponencial da colaboração internacional através de coautoria em publicações científicas. Segundo Ribeiro e colaboradores (2018), isso ocorre porque o progresso tecnológico é cada vez mais dependente da ciência, de forma que todos os países precisam estar conectados a redes científicas internacionais como requisito para o seu próprio desenvolvimento. Esse entendimento pode ser aplicado para a perspectiva de instituições e pesquisadores, que necessitam expandir as suas colaborações para o garantir o seu desenvolvimento.

Nos dois quinquênios observados e na rede cumulativa (Figura 10, p. 92), os principais parceiros identificados são a UFPE, Fiocruz e UPE, respectivamente (Tabela 6, p. 93). A parceria intensa com a UFPE e UPE pode ser resultado da proximidade geográfica<sup>39</sup>, que se constitui como um dos fatores que influenciam o estabelecimento de colaborações (ADAMS, 2012), e da atuação de pesquisadores da Fiocruz Pernambuco como professores nessas Universidades, o que facilitaria a interação entre os profissionais dessas instituições. Já a colaboração significativa com a Fiocruz é entendida como decorrente de constituírem-se uma mesma organização, com uma base de conhecimentos muito semelhante entre suas Unidades e atuação comum voltada para a saúde pública, o que propicia a comunicação entre os seus pesquisadores.

É importante observar que a proximidade, seja geográfica seja na base de conhecimentos, é apenas um dos fatores que influenciam o estabelecimento de colaborações. Para os pesquisadores entrevistados, outros aspectos são levados em consideração na seleção das colaborações. Por exemplo, Pesquisador B afirma que, na escolha de parceiros, examina fatores como disponibilidade e *expertise* (competência) do possível colaborador, e diz ainda que as suas decisões, nesse sentido, independem da filiação do cientista, sendo sempre baseadas na necessidade do projeto em questão. Ademais, “B” entende que a confiança é fundamental no estabelecimento de colaborações, corroborando a literatura, que diz que compatibilidade pessoal, que inclui amizade, confiança, “química” e boa comunicação

---

<sup>39</sup> É importante destacar que a Fiocruz Pernambuco está localizada dentro do campus da UFPE.

(HARA et al., 2003) são fatores considerados na identificação, seleção e manutenção de parcerias.

Para o Pesquisador A, o fator primordial para o estabelecimento de colaborações é a existência de habilidades complementares e de compromisso ou desejo de executar um determinado projeto em conjunto. Reconhece que o processo de colaboração exige também uma compatibilidade entre os pesquisadores, mas entende não haver necessidade de existir intimidade ou amizade. Segundo o pesquisador, afinidade pessoal não é um fator primordial, uma vez que a colaboração é uma relação profissional. Dessa forma, afirma que *“a prioridade número um não é, necessariamente, a lealdade um ao outro, mas a lealdade ao projeto, para que o projeto seja feito da melhor forma possível”*.

De modo semelhante, o Diretor da Fiocruz Pernambuco acredita que o estabelecimento de colaborações depende da existência de objetivos comuns em estudos voltados para interesses comuns, de forma que cada parceiro contribua nas suas áreas de maior experiência, ampliando as possibilidades e os resultados do estudo em questão. O gestor julga ainda que o apoio institucional é fundamental para a realização de colaborações.

Considerando somente as colaborações internacionais, que correspondem a quase 55% do total nos últimos dez anos (2008-2017), percebe-se que os principais parceiros estão localizados na América do Norte e Europa, com destaque para os Estados Unidos e Itália (Tabela 7, p. 94, e Figura 11, p. 95).

As entrevistas também demonstram uma atuação maior nessas regiões. Quando questionados sobre suas principais colaborações no âmbito internacional, os pesquisadores citaram somente instituições nos dois continentes, com destaque para os Estados Unidos (Universidade de Pittsburgh, do Texas, Johns Hopkins, Yale, Sanofi Pasteur), pelos Pesquisadores A e C, e Itália (Universidade de Bari), pelo Pesquisador B. O Pesquisador A disse que também colabora com países como Dinamarca, França, Alemanha e Reino Unido. É importante destacar que tanto o Pesquisador A quanto o C disseram que parte das colaborações com instituições norte-americanas acontecem com pesquisadores brasileiros que estão fixados nesses países.

Em relação à colaboração na América Latina, percebe-se que a Fiocruz

Pernambuco pouco interage com países da região, embora a literatura afirme que a proximidade, física (geográfica) ou imaterial (afinidade cultural, histórica ou linguística), pode incentivar ou facilitar o estabelecimento de colaborações (ZITT; BASSECOULARD; OKUBO, 2000). Os Estados latinos com que a instituição mais colabora são Colômbia, Argentina e México, respectivamente (Tabela 8, p. 96), porém com número de colaborações muito inferior aos dez principais países parceiros da instituição. O baixo número de colaborações pode ter relação com o fato de que, em geral, os países da América Latina destinam poucos recursos para a ciência, além de contarem com estruturas burocráticas que dificultam a realização da pesquisa (CIOCCA; DELGADO, 2017). Para o Pesquisador A, essa é também a realidade do Brasil. O pesquisador entende que nas instituições do país há uma grande burocracia para a realização da ciência, o que considera como um obstáculo importante para realização de colaborações.

No que se refere às colaborações nacionais (Figura 12, p. 97, e Tabela 9, p. 98), observa-se que a maioria das parcerias são realizadas com instituições voltadas para o ensino, principalmente com a UFPE, UPE, USP e UFRPE. Esse resultado converge com a lista dos cinco principais parceiros das colaborações da Fiocruz Pernambuco, dos quais quatro são da área de ensino (Tabela 6, p. 93). Uma maior interação com instituições de ensino não causa surpresa, uma vez que no Brasil o setor produtor de conhecimentos é majoritariamente composto por instituições públicas (CHIARELLO, 2009), sobretudo por universidades, que, por meio de seus programas de pós-graduação, são responsáveis pela maior parte da produção científica nacional (BRASIL, 2016).

As entrevistas com os pesquisadores apresentaram resultados semelhantes, pois, ao citarem suas principais colaborações atuais em âmbito nacional, todos (A, B e C) destacaram apenas as universidades, das quais constavam UFPE, USP e UFRJ.

Considerando somente as colaborações científicas ocorridas dentro da Fiocruz, com as demais Unidades da instituição, observa-se que a Fiocruz Pernambuco atua intensamente com as Unidades localizadas no Rio de Janeiro<sup>40</sup>, seguidas das regionais da Bahia e Minas Gerais, respectivamente (Figura 13, p. 98, e Tabela 10, p.

---

<sup>40</sup> A colaboração muito superior com a Fiocruz Rio de Janeiro é atribuída ao fato de que há onze unidades técnico-científicas naquele Estado, diferente do que ocorre nos demais Estados, em que há somente uma unidade.

99). Em relação às principais áreas de conhecimento que envolvem essas colaborações, observa-se destaque para Parasitologia e Medicina Tropical (Tabela 11, p. 100).

As entrevistas também apontaram a Fiocruz RJ, BA e MG como as principais parceiras dentro da instituição. Nesse sentido, ao falarem sobre suas colaborações na instituição, os Pesquisadores B e C, afirmaram que colaboram ou já colaboraram com pesquisadores ou grupos de pesquisa dessas Unidades, e o Pesquisador A disse que já colaborou com a Fiocruz BA, mas também com a Unidade localizada no Paraná.

Da mesma forma, ao dar exemplos de colaborações da Fiocruz Pernambuco bem-sucedidas, o Diretor destacou os estudos em Leshmaniose, ocorridos a partir dos anos 90, desenvolvidos em parceria com as Unidades da Fiocruz RJ, BA e MG e outras instituições, como USP e Instituto Evandro Chagas, como uma das principais colaborações realizadas pela instituição, e enfatizou a interação ocorrida com o Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz RJ), que resultou numa produção científica significativa e possibilitou a mobilidade de estudantes entre as Unidades. O gestor citou ainda estudos em Doença de Chagas em parceria com o IOC, Fiocruz BA, Fiocruz PR e Universidade Federal de Goiás (UFGO).

Embora considere que a Fiocruz Pernambuco colabore significativamente com diferentes Unidades da instituição, o Diretor entende que a colaboração interna poderia ser melhor instrumentada com uma política contínua de integração da própria Fiocruz. Para ele, a organização poderia entregar melhores resultados se houvesse uma maior articulação na pesquisa institucional da Fiocruz como um todo.

Na análise sob uma perspectiva micro das colaborações da Fiocruz Pernambuco, o foco volta-se para os pesquisadores. A rede autoral do período observado no estudo (2008-2017) (Figura 14, p. 101), apresenta 2.505 pesquisadores envolvidos, dos quais quase 20% (495) declararam filiação à Fiocruz Pernambuco na autoria da publicação científica. Na visualização da rede, observa-se que os pesquisadores da Fiocruz Pernambuco estão distribuídos e não concentrados num grupo institucional, o que indica que há uma colaboração abrangente com pesquisadores de outras instituições.

Por meio da aplicação das métricas de centralidade de grau e de intermediação,

foram identificados os pesquisadores mais centrais, ou seja, aqueles que possuem mais ligações (conexões) com outros pesquisadores e que mais intermediam relações, tendo acesso a informações diferenciadas e com potencial para controlar a comunicação. Os pesquisadores A, B e C, nesta ordem, apresentam-se como os mais centrais, tanto em relação ao grau quanto à intermediação (Tabela 12, p. 103). Isso os torna atores influentes na rede de colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, já que podem facilitar o acesso a novas informações e recursos e ainda a transferência de conhecimentos, e, de certa forma, exercer um controle sobre a rede.

A grande influência desses atores, além de trazer vantagens para a rede, pode indicar uma certa fragilidade, uma vez que a saída desses indivíduos da instituição poderia representar uma grande perda na conectividade da rede, podendo ter como consequência uma possível fragmentação em redes menores.

Quando comparados os pesquisadores mais centrais com aqueles mais produtivos – considerando como indicativo o número de autoria de publicações científicas – destacam-se os pesquisadores A, B e D. Entende-se que esses atores conseguem utilizar as oportunidades de interação geradas por suas redes de colaboração para promover sua produtividade científica.

É importante expor que a centralidade corresponde a uma medida de colaboração, não relacionada, necessariamente, à produtividade. Assim, embora o Pesquisador C seja o terceiro mais central da rede de colaboração da Fiocruz Pernambuco, não consta entre os cinco pesquisadores mais produtivos da instituição. Além disso, ainda comparando os pesquisadores mais produtivos com os mais centrais, percebe-se que somente o Pesquisador K não aparece como central, seja em relação ao grau seja em relação à intermediação.

Observando os vínculos dos pesquisadores mais centrais (Quadro 8, p. 105), percebe-se que C e E são Pesquisadores Colaboradores, ou seja, não servidores, dispondo, portanto, de um vínculo mais frágil, não permanente na instituição. Da mesma forma, o Pesquisador B, que é o mais produtivo e o segundo mais central, possuía outros vínculos com a instituição até o ano de 2014 – que corresponde a mais da metade do período analisado nesta pesquisa –, quanto tornou-se servidor.

Além disso, analisando-se a rede interna de colaboração da Fiocruz Pernambuco, composta apenas por pesquisadores declarados filiados à instituição

(Figura 15, p. 106), percebe-se que dos 495 cientistas (nós) presentes, somente 96 são servidores, o que significa que mais 80% dos pesquisadores que aparecem em artigos de autoria da instituição possuem outros vínculos. A existência de não-servidores entre os principais pesquisadores da instituição (segundo a centralidade de grau, intermediação e produtividade) aliada à quantidade de autores declarados filiados à instituição sem relação estável, demonstra a importância dos diferentes vínculos não permanentes para o desenvolvimento da pesquisa da Fiocruz Pernambuco.

Embora sejam relevantes para a pesquisa institucional, percebe-se que não há uma política de voltada para esses pesquisadores de forma a incentivar sua atuação na organização. Nesse sentido, o Pesquisador C afirma que o fato de não compor a capacidade permanente da Fiocruz Pernambuco gera alguns entraves internamente. Por exemplo, não pode pleitear, junto à organização, apoio, em forma de diárias e passagens, para participar de congressos e eventos científicos; sendo, nesses casos, sempre necessário recorrer a recursos oriundos de projetos. A seu ver, isso traz limitações a sua atividade de pesquisa.

Ademais, ainda sobre a sua condição, o pesquisador diz que seu ingresso na Fiocruz Pernambuco como colaborador aconteceu em 2002 por intermédio do Pesquisador A, para apoiar a estruturação de um novo departamento na Unidade. Desde então, a sua permanência na instituição depende de existência de bolsa, ora articulada pela instituição, ora pelos próprios pesquisadores parceiros internos. Essa situação de instabilidade e incerteza é preocupante em virtude da posição central que o Pesquisador C desempenha na organização.

Dada a importância desses pesquisadores para o desenvolvimento da pesquisa institucional, considera-se necessário que a Fiocruz Pernambuco promova ações voltadas para gestão dos diferentes vínculos, de forma a proporcionar condições adequadas para a atuação dos cientistas na organização, e ainda realize o monitoramento contínuo dos pesquisadores em situação não permanente para articular a sua continuidade, quando de interesse, como uma atitude de importância institucional.

Para identificar os pesquisadores mais centrais da rede interna, também foram aplicadas as métricas de centralidade de grau e de intermediação (Tabela 13, p. 107). Em ambas as medidas, somente os Pesquisadores F e G apareceram entre os

principais. Na rede interna, os pesquisadores mais centrais dispõem de um papel importante na conectividade da rede, garantindo que aqueles menos conectados tenham acesso a conhecimentos e informações.

Observando os atores mais influentes da organização, percebe-se que os pesquisadores que aparecem como mais centrais na rede interna são diferentes daqueles apresentados na rede geral de autores (Quadro 9, p. 109), mas há destaques. O Pesquisador A é o mais central na rede geral, mas também é importante na rede interna, colaborando com cientistas da instituição e externos a ela, além de despontar como um dos mais produtivos. Esse pesquisador diz que, internamente, colabora tanto com os pesquisadores das áreas básicas (imunologia, entomologia e parasitologia, por exemplo) quanto com pesquisadores da saúde coletiva. Para ele, a interface entre essas áreas na Fiocruz Pernambuco é estratégica, representando um diferencial competitivo da instituição.

O Pesquisador B, por sua vez, apresentado como o mais produtivo, possui claramente uma alta colaboração com pesquisadores externos à instituição, mas sem interação expressiva na rede interna. Sobre isso, o pesquisador afirma que colabora com pesquisadores da Fiocruz Pernambuco, mas talvez não tanto quanto poderia.

Já o Pesquisador C é central tanto na rede interna quanto na geral, ou seja, colabora intensamente com pesquisadores da Fiocruz Pernambuco e de fora, porém não se destaca na produtividade. Em relação à colaboração interna, esse pesquisador disse, em diversos momentos de sua entrevista, que interage fortemente com o Pesquisador A. Por fim, os Pesquisadores D e F ocupam posições centrais tanto na rede interna quanto na rede geral e ainda se sobressaem na produção científica.

A identificação dos atores com maior centralidade de grau e de intermediação, tanto na rede na rede interna quanto na geral, pode servir para propósitos relacionados à gestão da pesquisa. Quando centrais na rede geral, esses pesquisadores podem ser fontes de informações sobre tendências tecnológicas, identificar possíveis parceiros para colaboração e ainda ajudar, dada a sua experiência, na tomada de decisões estratégicas sobre investimento institucional em pesquisa; sendo centrais na rede interna, podem atuar na melhoria da troca de informações dentro da instituição e servir como agentes de mudança nas intervenções organizacionais (FONSECA, 2015).



Em virtude do potencial papel que podem desempenhar, Fonseca (2015) sugere que a composição de um grupo de pesquisadores centrais poderia fornecer uma visão mais holística e integrada dos processos e projetos da organização, de forma a contribuir com a gestão da pesquisa institucional. Na Fiocruz Pernambuco, esse grupo poderia ser formado pelos Pesquisadores A, B, C, D e F, identificados como os mais centrais, considerando-se tanto a rede interna quanto a geral. A autora propõe, também, a inclusão de membros mais recentes a esse grupo, que poderiam fornecer uma visão mais contemporânea da pesquisa, ao mesmo tempo em que seriam preparados para possíveis substituições na instituição.

Prosseguindo na análise da rede interna, foi observada a existência de sete componentes, correspondendo a cinco pesquisadores isolados, ou seja, que não colaboram com nenhum outro pesquisador da instituição, a um grupo com dois pesquisadores que colaboram, internamente, apenas entre si, e ao componente gigante, formado pelos demais pesquisadores da instituição (488), representando 98,6% da rede. Embora o isolamento intelectual não seja considerado positivo na área da pesquisa (NEWMAN, 2004), alguns autores entendem que as posições periféricas também possuem seu papel na dinâmica das redes, podendo promover a abertura da mesma para novas informações, por meio da comunicação com ambientes externos (MARTELETO, 2001). Desse modo, é importante que, no âmbito da gestão da pesquisa, esses indivíduos sejam observados, bem como as razões para o seu distanciamento da rede, e, havendo a intenção de aproximá-los, poderão ser realizados esforços por meio de atores identificados como intermediários.

A avaliação do indicador *Sistema de conhecimentos* possibilitou a caracterização do conjunto de áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco e suas relações na produção do conhecimento. Para tanto, foram mapeadas três redes: duas quinquenais (2008-2012 e 2013-2017), de modo a permitir comparação entre os períodos e avaliar a evolução ao longo do tempo, e outra com o período cumulativo (Figura 16, p. 111 e 112, Figura 17, p. 115).

Na avaliação das redes quinquenais, observou-se que no primeiro período houve a interação de 50 áreas o conhecimento, tendo o segundo período um acréscimo para 62 áreas, acompanhado pelo aumento do número de interações entre elas, o que pode representar uma expansão na área de atuação da Fiocruz Pernambuco ao longo dos dez anos (Tabela 14, p. 113). No período total analisado, foram identificadas 69

áreas do conhecimento, percebendo-se uma interação ainda maior entre elas (Tabela 17, p. 116).

Três das áreas de pesquisa mais centrais, ou seja, que mais colaboraram nos dois quinquênios, foram Química, Imunologia e Bioquímica e Biologia Molecular em ambos os períodos, com esta última área mantendo-se como a mais central nos dois períodos (Tabela 15, p. 114). Entretanto, ao comparar-se as áreas que mais interagem com aquelas que mais publicam (Tabela 16, p. 114), percebe-se que não há uma correspondência. Como já explicitado anteriormente, de fato a centralidade não é uma medida relacionada, necessariamente, à produtividade.

No período cumulativo, como esperado na análise dos quinquênios, Bioquímica e Biologia Molecular desponta como a área mais central, com maior coocorrência com as demais (Tabela 18, p. 116). Assim, ela pode ser considerada uma base importante no sistema de conhecimentos da instituição, dada a quantidade de relações com as outras áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco. Uma vez que Bioquímica e Biologia Molecular está ligada ao Núcleo de Plataformas Tecnológicas (NPT) da instituição, é importante que o setor seja mantido e fortalecido, recebendo constante investimento em pessoal e infraestrutura, pois beneficia, diretamente, outras diferentes áreas, melhorando a capacidade de pesquisa da instituição como um todo.

Em relação à infraestrutura de pesquisa, o Pesquisador A considera que a Fiocruz Pernambuco é muito bem equipada, carecendo, no entanto, de manutenção de equipamentos e pessoal com competência verdadeira nas técnicas necessárias para manuseá-los. Para ele, o sistema de genômica do NPT, composto pelas duas plataformas de sequenciamento de DNA, é módico, não em decorrência do equipamento, mas de ausência de pessoal qualificado para operá-las. Isso pode ser um indicativo de necessidade de atenção institucional ao núcleo.

Assim como ocorreu nos resultados dos quinquênios, novamente observa-se que a área mais central do período total analisado não está entre aquelas que mais publicam (Tabela 19, p. 117), em que despontam Parasitologia, Medicina Tropical, Saúde Pública, Ambiental e Ocupacional, Doenças Infecciosas, Imunologia e Microbiologia. Deve-se destacar que Parasitologia e Medicina Tropical interagem fortemente entre si e correspondem às duas principais áreas objeto de colaboração da Fiocruz Pernambuco com as Unidades do Rio de Janeiro, Bahia e Minas Gerais.

Com base nas análises realizadas, percebe-se que a colaboração científica na Fiocruz Pernambuco está em franca expansão, acompanhando o aumento da produção científica institucional. Essa intensificação da interação na pesquisa é evidenciada pelo crescimento da colaboração internacional, do número de parceiros institucionais e das relações entre as áreas de atuação organização. Além disso, o número de pesquisadores autores identificados como filiados à Fiocruz Pernambuco, embora não pertencentes ao quadro permanente da instituição, demonstra que as parcerias estão inseridas na própria organização, sendo uma forte realidade na Unidade, indispensáveis ao processo de fazer ciência.

Questionados sobre o papel das colaborações para o desenvolvimento da pesquisa da Fiocruz Pernambuco, os gestores afirmaram que as parcerias são fundamentais. Para o Vice-Diretor a colaboração permite troca de ideias e *inputs* de pesquisadores de outras Unidades ou instituições, necessárias para que a pesquisa avance, de modo que, sem essa interação, poderia ficar limitada. Na mesma perspectiva, o Diretor considera que a colaboração se constitui numa estratégia importante de fortalecimento da própria instituição e da instituição parceira com quem se está colaborando, entendendo-se que ciência se faz com cooperação.

Já os pesquisadores veem as colaborações sob uma perspectiva mais prática, entendendo-as como uma ferramenta para contornar obstáculos que interferem na realização da pesquisa. Nesse sentido, o Pesquisador A afirma que as parcerias permitem reunir recursos em torno de uma ideia, o que é crucial num contexto em que os projetos são subfinanciados e que a obtenção de recursos se torna uma das questões mais difíceis na ciência. Assim, o pesquisador considera que a colaboração proporciona uma complementaridade não só na habilidade intelectual, mas também na capacidade de execução, que envolve recursos, métodos e técnicas, o que permite o desenvolvimento da própria pesquisa e aumenta a produtividade. Esse pensamento vai ao encontro da literatura, que aponta a necessidade de reunião de conhecimentos e recursos como uma das razões para a realização de colaborações científicas (KATZ; MARTIN, 1997; HARA, et al., 2003).

O Pesquisador B apresenta um pensamento semelhante, dizendo que as colaborações representam uma possibilidade de resolver a questão da escassez de recursos e falta de infraestrutura, tecnologia ou pessoal, para assim produzir ciência. Para ele, a reunião de esforços também permite o desenvolvimento de projetos

maiores, corroborando o entendimento da literatura (KATZ; MARTIN, 1997; HARA, et al., 2003; SONNENWALD, 2007). Além disso, de modo particular, o pesquisador considera que suas colaborações trazem um grande crescimento profissional e pessoal, o engrandecem enquanto pesquisador e propiciam um aprendizado técnico.

No âmbito interno, entende-se que a colaboração poderia permitir avanços mais significativos nas pesquisas realizadas pela instituição e, ao mesmo tempo, representar uma estratégia de aproveitamento de recursos, tão escassos no cenário atual, ao reunir esforços em torno de ideias comuns, evitando investimentos replicados em pesquisas similares. Para promover maior interação entre os pesquisadores da Fiocruz Pernambuco, parece haver um consenso em meio aos entrevistados de que é necessário aproximar os cientistas para que discutam sobre seus projetos de pesquisa e assim possam identificar oportunidades de parcerias. Esse também é o meio apontado pela literatura como forma de fomentar colaborações (RODRIGUES; NIMRICHTER; CORDEIRO, 2016; SONNENWALD, 2007). Destarte, o Vice-Diretor considera que isso poderia ser feito por meio de reuniões entre pesquisadores de determinada área para que conversem entre si e troquem informações sobre suas atuações. Para ele, o maior obstáculo para as colaborações dentro da Fiocruz é o desconhecimento de seus cientistas sobre os projetos dos pares.

Para o Diretor, momentos de troca são necessários para a ciência, por isso entende que deveria haver uma política institucional permanente de realização de seminários em que os grupos de pesquisa pudessem expor seus projetos em andamento. Segundo ele, na Fiocruz há redes com experiências desse tipo, como a de Doença de Chagas, Esquistossomose e Leishmanioses, mas entende que a instituição poderia estender essa prática para outras áreas de pesquisa.

No âmbito da Fiocruz Pernambuco, o Diretor afirma que a Unidade realiza ações nesse sentido, como as reuniões do Colegiado de Pesquisa, em que se discute a importância de se fazer projetos em colaboração, e as sessões do Centro de Estudos, realizadas quinzenalmente pela instituição para promover troca de experiências e informações sobre determinadas áreas entre seus pesquisadores e alunos (FIOCRUZ PERNAMBUCO, 2018), que dão oportunidade para os grupos de pesquisa apresentarem o que estão desenvolvendo. Embora existam iniciativas, o gestor considera que a organização como um todo e de forma sistêmica poderia fazer mais sobre essa questão.

O Pesquisador B entende que a colaboração interna deve ser estimulada, pois por meio dela é possível economizar recursos e aumentar a produção institucional. Entretanto, acredita que a estratégia institucional do Centro de Estudos não atinge esse propósito, pois o evento dispõe de apresentações em formato de aula, que considera não ser propício para o estabelecimento das colaborações. Diferente disso, uma reunião de trabalho ou encontro, com os pesquisadores conversando sobre um tema específico, tal qual sugerido pelo Vice-Diretor, poderia proporcionar maior interação e dar origem a parcerias.

Em relação à promoção das parcerias em geral e não apenas internas, o Pesquisador C tem pensamento semelhante: *“Eu diria que [...] as reuniões, esses encontros científicos, [...] são, provavelmente, os maiores catalisadores dessas colaborações”*. Para o pesquisador, os principais condutores de novas colaborações não são os grandes eventos científicos, que reúnem milhares de pessoas, mas sim os pequenos encontros.

Para além de aproximar os cientistas por meio de encontros, os Pesquisadores A e C consideram que a Fiocruz Pernambuco poderia favorecer a colaboração realizada por seus pesquisadores, bem como a própria pesquisa, apoiando a gestão dos projetos. Para “C”, falta uma estrutura institucional para gestão dos projetos de pesquisa, o que se constitui num grande obstáculo para colaboração entre os pesquisadores da Fiocruz Pernambuco, pois exige que estes se envolvam com a *“parte burocrática”* quando poderiam estar mais voltados para a própria pesquisa. Nesse mesmo sentido, “A” entende que a instituição pode auxiliar o pesquisador provendo um apoio constante no suporte administrativo relacionado à pesquisa.

Ante essas falas, percebe-se que a instituição pode realizar ações para estimular maior colaboração científica de seus pesquisadores e assim incrementar a pesquisa institucional. Reuniões entre os pesquisadores da instituição e investimentos na gestão da pesquisa poderiam ser o primeiro passo nesse caminho. Entretanto, deve-se observar que há obstáculos que dificultam ou mesmo inviabilizam o estabelecimento de colaborações e que, muitas vezes, estão fora do alcance institucional.

Nesse sentido, o Vice-Diretor de Pesquisa considera que a inexistência de financiamento para a realização da pesquisa, dificuldade de comunicação, incluindo a questão do idioma, e falta de experiência internacional de alguns pesquisadores são

entraves para a realização de colaborações.

O Diretor concorda no que concerne ao financiamento, afirmando que o principal obstáculo para as parcerias é a falta de recursos. Para ele, o momento enfrentado pelo país quanto às incertezas no financiamento da pesquisa é uma ameaça séria para a comunidade científica. De fato, o Brasil tem enfrentado cortes significativos na ciência, tecnologia e inovação nos últimos anos (ANGELO, 2017; GIBNEY, 2015), bem como na saúde. Um exemplo recente do contingenciamento de recursos foram as restrições decorrentes da Medida Provisória 839/2018, que retirou R\$ 135 milhões do orçamento da saúde, dos quais R\$ 5,2 milhões seriam destinados à Fiocruz (FIOCRUZ, 2018b).

Sobre a questão da comunicação como entrave, o Pesquisador B entende que saber inglês é necessário para as colaborações, pois essa é a língua da ciência. Ele percebe dificuldades com o idioma tanto entre seus alunos quanto entre os pesquisadores, fazendo com que, em sua opinião, percam oportunidades de parcerias.

*A questão da língua impede. Obviamente é mais fácil quando se colabora com outro país, por exemplo, na África, de língua portuguesa, ou com Portugal, [...] não tem a barreira da língua. Mas quando você fala do resto do mundo, tem que saber inglês. Você não precisa saber chinês, você não precisa saber russo. [...] Porque não é só o fato de ele [aluno ou pesquisador] saber inglês e conseguir ir lá e apresentar um projeto, e discutir uma parceria com alguém. Se ele não sabe inglês bem [...], ele vai tá totalmente atrasado, porque tudo o que tá online, de novidade, das grandes revistas [...], é tudo em inglês (Pesquisador B).*

Há também casos em que as colaborações são estabelecidas, mas não se desenvolvem com sucesso. Em geral, para os entrevistados, isso acontece por não envolvimento ou falta de tempo do colaborador para se dedicar à pesquisa (Pesquisador C e Vice-Diretor), abordagem experimental não exitosa (Vice-Diretor) ou ainda por desrespeito aos acordos firmados no início do projeto, que incluem, por exemplo, decisões acerca da autoria de trabalhos, divisão de recursos e uso de laboratórios, e ainda por questões pessoais, que envolvem problemas de relacionamento (Pesquisador B).

Portanto, há uma simbiose para a realização das colaborações científicas, dependendo tanto do pesquisador, que é protagonista nesse processo e que, em última instância, é quem colabora, quanto de ações institucionais que podem ser

desenvolvidas para favorecer o estabelecimento e a execução de parcerias.

A partir do exposto, entende-se que os objetivos específicos propostos neste estudo foram alcançados. Assim, foi analisada a evolução da colaboração científica institucional ao longo dos anos, por meio das publicações científicas em coautoria; identificadas, mapeadas e caracterizadas as redes de colaboração científica da instituição; caracterizado o conjunto de áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco e suas relações na produção do conhecimento; e analisada a percepção de pesquisadores e gestores acerca da colaboração científica e seu papel para o desenvolvimento da pesquisa na instituição. Para além disso, foram feitas proposições de ações institucionais na área da gestão para promover a colaboração científica da Fiocruz Pernambuco, bem como o próprio desenvolvimento da pesquisa na organização.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação buscou compreender as colaborações científicas da Fiocruz Pernambuco e suas contribuições para o desenvolvimento da pesquisa na instituição. Para tanto, foi realizado um estudo utilizando como método a Análise de Redes Sociais (ARS), complementada por entrevistas, para prover dados quantitativos e qualitativos que juntos possibilitassem a análise da evolução da colaboração científica da organização, a identificação, mapeamento e caracterização das redes de colaboração científica institucional, a caracterização do conjunto de áreas de pesquisa da Fiocruz Pernambuco e suas relações na produção do conhecimento e a identificação da percepção dos pesquisadores e gestores acerca da colaboração científica e seu papel para o desenvolvimento da pesquisa institucional.

Neste trabalho, conclui-se que a colaboração científica desempenha um papel fundamental na pesquisa científica institucional, possibilitando o aumento da produção científica e ampliação da atuação na pesquisa, ao permitir a combinação de conhecimentos e recursos para o desenvolvimento de projetos mais complexos.

Para responder de forma mais detalhada ao objetivo geral desta dissertação, são apresentadas as respostas aos pressupostos apresentados na introdução da pesquisa. Entende-se que o pressuposto de que a colaboração científica favorece uma maior produção científica dos pesquisadores (DE SOLLA PRICE; BEAVER, 1966) e amplia a atuação institucional em diferentes áreas de pesquisa, uma vez que reúne conhecimentos de diferentes parceiros em torno de problemas complexos apresentados à ciência (KATZ; MARTIN, 1997), se confirma, pois no decorrer da análise de dados foi possível observar o crescimento da produção científica institucional acompanhado da intensificação das colaborações, além de ser percebida uma internacionalização da pesquisa da instituição, com o aumento do número de parceiros internacionais ao longo do período acompanhado. Ademais, a ampliação da atuação institucional em diferentes áreas de pesquisa foi observada na fala dos entrevistados, bem como na expansão das áreas de conhecimento da Fiocruz Pernambuco e suas interações nos últimos dez anos.

A análise de dados também confirmou o pressuposto de que o conhecimento da dimensão e da dinâmica das redes de colaboração estabelecidas fornece subsídios que podem auxiliar a gestão da pesquisa científica institucional (CAMPOS et al., 2017; FONSECA; ZICKER, 2016; VASCONCELLOS; MOREL, 2012), pois a partir da



realidade estudada foi possível fazer proposições de ações para a gestão da pesquisa. Nesse sentido, ao longo do trabalho foram feitas as seguintes recomendações com o intuito de contribuir para o desenvolvimento científico da Fiocruz Pernambuco:

- a) Gestão dos diferentes vínculos de pesquisadores da instituição, de forma a proporcionar condições adequadas para a atuação dos cientistas na organização, dada a importância da capacidade de pesquisa não permanente no desenvolvimento da pesquisa institucional. Essa ação deve incluir o monitoramento contínuo dos pesquisadores com vínculo instável (não servidores) para que a instituição articule o seu ingresso e permanência na organização, quando houver interesse;
- b) Aproveitamento dos pesquisadores identificados como os mais centrais da instituição para propósitos relacionados à gestão da pesquisa, de forma que possam servir como fontes de informações sobre tendências tecnológicas, na identificação possíveis parceiros para colaboração e tomada de decisões estratégicas sobre investimentos institucionais em pesquisa, além de atuação na melhoria da troca de informações dentro da instituição e como agentes de mudança nas intervenções organizacionais. Para tanto, poderia ser criado um grupo com os pesquisadores centrais, de modo a fornecer uma visão mais holística e integrada dos processos e projetos da organização, contribuindo para a gestão da pesquisa institucional;
- c) Monitoramento contínuo da rede de colaboração científica institucional, com atenção aos pesquisadores mais centrais e àqueles que atuam de forma isolada na rede interna, para que sejam realizadas intervenções pela organização na área da pesquisa, quando necessário;
- d) Manutenção e fortalecimento do NPT, considerando que esse núcleo abarca a área de conhecimento de maior interação da Fiocruz Pernambuco, com destinação de constante investimento em pessoal e infraestrutura para o núcleo, beneficiando, diretamente, outras áreas de pesquisa da instituição;
- e) Promoção de reuniões de aproximação entre os pesquisadores de diferentes áreas da instituição, de forma a proporcionar novas possibilidades de colaboração interna;

- f) Provimento de melhor estrutura institucional para a gestão de projetos de pesquisa, possibilitando que os pesquisadores concentrem sua atuação nas áreas finalísticas.

Acredita-se que a realização dessas ações pode melhorar a atuação do instituto como um todo, pois contribui para que os objetivos institucionais e o êxito na pesquisa sejam plenamente alcançados.

No que concerne ao estudo realizado, são necessárias algumas considerações quanto aos resultados. Inicialmente, observa-se que há diversos benefícios no mapeamento das redes de colaboração científica que têm como unidade de análise o pesquisador, como a identificação daqueles mais centrais e dos diferentes papéis que desempenham na rede. Porém, essas informações podem, por vezes, não ser bem vistas pelos pesquisadores que, conforme bem alertou Fonseca (2015), receiam que sua posição institucional seja colocada em risco com os dados divulgados. Ademais, esse estudo não deve ser empregado como um documento relativo a avaliação do desempenho dos pesquisadores, pois considera-se que uma avaliação centrada somente nos aspectos relacionados à produção e colaboração científica não são suficientes para auferir o desempenho real dos cientistas. Por essas razões, as informações fornecidas por esta dissertação acerca dos pesquisadores, enquanto unidade de análise, devem ser utilizadas com muita prudência pela instituição, de modo a evitar possíveis conflitos internos.

Além disso, apesar de ter alcançado os objetivos propostos, esta pesquisa apresenta algumas limitações que devem ser conhecidas. Os dados utilizados para o mapeamento das redes de colaboração foram baseados na coautoria de publicações científicas hospedados na *Web of Science*, o que implica em três problemas. Primeiro, a coautoria de artigos científicos representa somente um aspecto das colaborações científicas, havendo diversos outros dados que podem ser explorados e devem ser aproveitados para uma representação mais fidedigna. Ademais, conforme exposto mais detalhadamente no capítulo sobre colaborações científicas, nem toda colaboração resulta em coautoria e nem sempre coautoria significa necessariamente uma colaboração prévia. De todo modo, este estudo entende que a maioria dos casos de compartilhamento de autoria em publicações científicas indica uma parceria anterior entre pesquisadores, sendo, portanto, útil como dado indicativo de colaborações.

Segundo, o conjunto de dados extraídos da WoS não é exaustivo e não representa toda a publicação da Fiocruz Pernambuco. A WoS não dispõe de boa representatividade de publicações em algumas áreas, como Saúde Coletiva, já que indexa poucos periódicos voltados para esse campo do conhecimento. Terceiro, a busca no banco de dados sujeita-se às informações prestadas pelos autores das obras, o que pode resultar em falhas na indicação da filiação institucional, por exemplo. Em estudos complementares, poderiam ser incorporados dados da Plataforma Lattes ou do Scientific Electronic Library Online (SciELO), de forma a contornar essas limitações.

Embora as limitações apresentem ressalvas aos dados utilizados no estudo, acredita-se que elas não invalidam os resultados dessa pesquisa, ainda mais quando se considera a importância do WoS na área da saúde, campo de atuação da Fiocruz Pernambuco.

Para pesquisas futuras na área abrangida por esse estudo, podem ser abordadas questões sobre como o gênero, os aspectos culturais e as práticas dos pesquisadores podem afetar as colaborações científicas. Entretanto, considera-se que a questão primordial para os próximos estudos consiste em como as instituições, e, em especial, a Fiocruz Pernambuco, deve gerenciar suas redes de colaboração científica, de modo a proporcionar um ambiente favorável para o desenvolvimento da pesquisa, com atenção ao acompanhamento dos pesquisadores identificados como os mais centrais. Apesar desta dissertação ter apresentado recomendações nesse sentido, entende-se que ainda podem ser feitas outras contribuições para a área de gestão da pesquisa, uma vez que as discussões e análises realizadas nesse estudo indicam a necessidade de maior atuação institucional para motivar, estimular e promover a pesquisa institucional e a colaboração de seus pesquisadores.

Em suma, os resultados obtidos com esta pesquisa possibilitam um conhecimento mais aprofundado acerca da produção científica da instituição nos últimos dez anos e uma maior compreensão sobre os processos de geração e difusão do conhecimento na Fiocruz Pernambuco. Essas informações permitem que os gestores compreendam aspectos importantes do padrão de pesquisa da organização, que influenciam o desempenho da instituição na ciência.

Nesse sentido, entende-se que este trabalho apresenta dados sobre a colaboração científica que, atualizados constantemente, podem atuar como uma

forma de monitoramento da pesquisa na instituição. É importante observar, no entanto, que o desempenho da instituição na ciência não depende exclusivamente de suas redes de colaboração. Logo, a gestão da pesquisa e as estratégias na área não devem se limitar ao conhecimento acerca dessas redes, mas considerar outras informações relativas à área para decisões e formulações de políticas.

Espera-se que este estudo informe a importância da colaboração científica para o desenvolvimento da pesquisa institucional, de forma que os cientistas considerem o papel das parcerias em suas práticas de pesquisa e que a instituição direcione maior atenção para a gestão da área, contemplando as colaborações existentes. E ainda que as informações proporcionadas por esta dissertação sejam utilizadas pela Fiocruz Pernambuco para auxiliar em seus processos decisórios, contribuindo para o fortalecimento e ampliação da capacidade de planejamento, gestão e avaliação da pesquisa institucional, de forma a apoiar a promoção de intervenções que estimulem a geração de conhecimento.

## REFERÊNCIAS

- ACIOLI, Sonia. Redes sociais e teoria social: revendo os fundamentos do conceito. **Informação & Informação**, Londrina, v. 12, n. esp, 2007
- ADAMS, Jonathan. Collaborations: The rise of research networks. **Nature**, v. 490, n. 7420, p. 335-336, 2012.
- ALBERT, Réka; JEONG, Hawoong; BARABÁSI, Albert-László. Diameter of the World-Wide Web. **Nature**, v. 401, n. 6749, p. 130-131, 1999.
- \_\_\_\_\_. Error and attack tolerance of complex networks. **Nature**, v. 406, n. 6794, p. 378, 2000.
- ALEJANDRO, Velázquez Álvarez O.; NORMAN, Aguilar Gallegos. **Manual Introductorio al Análisis de Redes Sociales**. Medidas de Centralidad. 2005. Disponível em: < [http://revista-redes.rediris.es/webredes/talleres/Manual\\_ARIS.pdf](http://revista-redes.rediris.es/webredes/talleres/Manual_ARIS.pdf) >. Acesso em: 25 dez. 2017
- ANGELO, Claudio. Scientists plead with Brazilian government to restore funding. **Nature**, v. 550, n. 7675, p. 166-167, 2017.
- BARABÁSI, Albert-László. **Linked: a nova ciência dos networks**. Como tudo está conectado a tudo e o que isso significa para os negócios, relações sociais e ciências. São Paulo: Leopardo Editora, 2009. 241 p. Tradução de: Jonas Pereira dos Santos
- BARABÁSI, Albert-László; ALBERT, Réka. Emergence of scaling in random networks. **Science**, v. 286, n. 5439, p. 509-512, out. 1999.
- BEAVER, Donald deB. Does collaborative research have greater epistemic authority?. **Scientometrics**, v. 60, n. 3, p. 399-408, 2004.
- \_\_\_\_\_. Reflections on scientific collaboration (and its study): past, present, and future. **Scientometrics**, v. 52, n. 3, p. 365-377, 2001.
- BENDER, Max Ernst et al. Using co-authorship networks to map and analyse global neglected tropical disease research with an affiliation to Germany. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 9, n. 12, p. e0004182, 2015.
- BORGATTI, Stephen P.; FOSTER, Pacey C. The network paradigm in organizational research: a review and typology. **Journal of Management**, v. 29, n. 6, p. 991-1013, 2003
- BRASIL. **Boletim Epidemiológico**. Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e febre pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 52, 2016. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, v. 48, n. 3, 2017.

\_\_\_\_\_. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. 2016–2022.** Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Econômico e Social. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2016.

BRITO, Aline Grasielle Cardoso de et al. Visibilidade científica na Plataforma Lattes e Portal da Inovação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 17., 2016, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2016.

BUTLER, Declan. Celina M. Turchi: Zika detective. **Ten people who mattered this year. Nature's 10.** Nature, v. 540. p. 511, 2016.

CAMPOS, Marcelo Moreira et al. Estudo da rede de colaboração científica em nanotecnologia na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **TransInformação.** v. 29, n. 1, p. 115-123, jan./abr. 2017.

CHIARELLA, Josely Marchi. Vacina da dengue: um desafio nacional. **Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba.** v. 18, n. 2, p. 123-124, 2016.

CHIARELLO, Marileusa D. As plataformas tecnológicas e a promoção de parcerias para a inovação. **Parcerias estratégicas,** v. 5, n. 8, p. 93-102, 2009.

CIOCCA, Daniel R.; DELGADO, Gabriela. The reality of scientific research in Latin America; an insider's perspective. **Cell Stress and Chaperones,** v. 22, n. 6, p. 847-852, 2017.

CREAMER, Elizabeth G. Collaborators' attitudes about differences of opinion. **The Journal of Higher Education,** v. 75, n. 5, p. 556-571, 2004.

CROSS, Rob; PRUSAK, Laurence. The people who make organizations go – or stop. **Harvard Business Review,** Boston, 80(6), 104-112, 2002.

DE SOLLA PRICE, Derek J.; BEAVER, Donald deB. Collaboration in an invisible college. **American Psychologist,** v. 21, n. 11, p. 1011-1018, 1966.

EMIRBAYER, Mustafa; GOODWIN, Jeff. Network analysis, culture, and the problem of agency. **American journal of sociology,** v. 99, n. 6, p. 1411-1454, 1994.

FIOCRUZ. **A Fundação.** Disponível em: < <https://portal.fiocruz.br/pt-br/content/funda%C3%A7%C3%A3o> >. Acesso em: 20 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. **Fiocruz 2017-2018.** Documento de subsídio para o balanço de gestão. Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz, 2018a.

\_\_\_\_\_. **Fiocruz avalia consequências de corte orçamentário.** Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz, jun. 2018b. Disponível em: < <https://portal.fiocruz.br/noticia/fiocruz-avalia-consequencias-de-corte-orcamentario> >. Acesso em: 06 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. **Manual de Ética em Pesquisa do CPqAM/Fiocruz.** AGUIAR-SANTOS, Ana Maria; LEAL, Nilma Cintra (Org.). Recife, Instituto Aggeu Magalhães, 2007. 27 p.

\_\_\_\_\_. **VII Congresso Interno:** Conhecimento e inovação para a saúde, desenvolvimento e cidadania. Relatório Final 2014. Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz, 2014.

\_\_\_\_\_. **VIII Congresso Interno:** A Fiocruz e o Futuro do SUS e da democracia. Relatório Final 2017. Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz, 2018c.

FIOCRUZ PERNAMBUCO. **Relatório de Atividades.** Fiocruz Pernambuco 2015-2016. Recife, Fundação Oswaldo Cruz, 2018.

\_\_\_\_\_. **Sobre a Fiocruz PE.** 2010. Disponível em: < [http://www.cpqam.fiocruz.br/index.php?option=com\\_k2&view=item&layout=item&id=1&Itemid=2](http://www.cpqam.fiocruz.br/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=1&Itemid=2) >. Acesso em: 19 jul. 2017.

FONSECA, Bruna de Paula Fonseca e. **Colaboração como Estratégia para Instituições de Ciência e Tecnologia em Saúde:** uma proposta de indicadores para análise organizacional. 2015. 219 f. Tese. (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Orientador: Elton Fernandes.

FONSECA, Bruna de Paula Fonseca e et al. Network analysis for science and technology management: Evidence from tuberculosis research in Fiocruz, Brazil. **PLoS One**, [S.l.], v. 12, p. e0181870, 2017

FONSECA, Bruna de Paula Fonseca e; ZICKER, Fabio. Dengue research networks: building evidence for policy and planning in Brazil. **Health Research Policy and Systems**, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 80, 2016.

FRIEDEN, Tom. Celina Turchi. **The 100 Most Influential People.** Time, 2017.

GIBNEY, Elizabeth. Brazilian science paralysed by economic slump. **Nature**, v. 526, p. 16-17, 2015.

GODOI, Christiane Kleinübing; MATTOS, Pedro Lincoln C. L. de. Entrevista qualitativa: instrumento de pesquisa e evento dialógico. In: GODOI, Christiane Kleinübing; BANDEIRA-DE-MELLO, Rodrigo; SILVA, Anielson Barbosa da (Org.). **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais:** paradigmas, estratégias e métodos. São Paulo: Saraiva, 2006. cap. 10, p. 301-323.

GRANOVETTER, Mark. The strength of weak ties. **American Journal of Sociology**, [S.l.], v. 78, n. 6, p. 1360-1380, mai. 1973.

HAGEL, Christiane et al. Analysing published global Ebola Virus Disease research using social network analysis. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [S.l.], v. 11, n. 10, p. e0005747, out. 2017.

HANNEMAN, Robert A; RIDDLE, Mark. Why formal methods?. In: \_\_\_\_\_. **Introduction to Social Networks Methods.** Riverside: University of California, 2005, cap. 2. Disponível em: < <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/> >. Acesso em: 25 dez. 2017.

HARA, Noriko et al. An emerging view of scientific collaboration: Scientists' perspectives on collaboration and factors that impact collaboration. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, v. 54, n. 10, p. 952-965, 2003.

HAVEMANN, Frank. Collaboration behaviour of Berlin life science researchers in the last two decades of the twentieth century as reflected in the Science Citation Index. **Scientometrics**, v. 52, n. 3, p. 435-443, 2001.

JONES, Benjamin F.; WUCHTY, Stefan; UZZI, Brian. Multi-university research teams: Shifting impact, geography, and stratification in science. **Science**, v. 322, n. 5905, p. 1259-1262, nov. 2008.

KATZ, J. Sylvan; MARTIN, Ben. R. What is research collaboration? **Research Policy**, v. 26, n. 1, p. 1-18, 1997.

LATOURETTE, Bruno; WOOLGAR, Steve. A credibilidade científica. In: \_\_\_\_\_. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997. Cap. 5, p. 205-263. Tradução de: Angela Ramalho Vianna.

LEMOS, Antonio Agenor Briquet de. Publicar e perecer. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 7-8, 2005.

LI, Eldon Y.; LIAO, Chien Hsiang; YEN, Hsiuju Rebecca. Co-authorship networks and research impact: A social capital perspective. **Research Policy**, v. 42, n. 9, p. 1515-1530, 2013.

LIMA, Ricardo Arcanjo de; VELHO, Lea Maria Leme Strini; FARIA, Leandro Innocentini Lopes de. Indicadores bibliométricos de cooperação científica internacional em bioprospecção. **Perspectivas em Ciências da Informação**, v. 12, n. 1, p. 50-64, jan./abr. 2007.

LOIOLA, Elisabeth; BASTOS, Antonio Virgílio B.; REGIS, Helder Pontes. Análise de Redes Sociais. In: BASTOS, Antonio Virgílio B.; LOIOLA, Elisabeth; REGIS, Helder Pontes (Org.). **Análise das redes sociais em contextos organizacionais**. Salvador: EDUFBA, 2015. Cap. 2, p. 41-83.

LUUKKONEN, Terttu; PERSSON, Olle; SIVERTSEN, Gunnar. Understanding patterns of international scientific collaboration. **Science, Technology, & Human Values**, v. 17, n. 1, p. 101-126, 1992.

MARCH, James G. Exploration and exploitation in organizational learning. **Organization Science**, v. 2, n. 1, p. 71-87, 1991.

MARTELETO, Regina Maria. Análise de Redes Sociais – aplicação nos estudos de transferência da informação. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 71-81, jan./abr. 2001

MERCOSUR. **Mercosur**. Disponível em: < <http://www.mercosur.int/> >. Acesso em: 20 mai. 2018.



MERG. **Grupo de Pesquisa da Epidemia de Microcefalia**. Disponível em: < <http://scf.cpqam.fiocruz.br/merg/> >. Acesso em: 11 mar. 2017.

MILGRAM, Stanley. The small world problem. **Psychology Today**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 60-67, mai. 1967.

MINAYO, Maria Cecília de S. (Org.); DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu. **Pesquisa Social**. Teoria, método e criatividade. 27. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. 108 p.

MINAYO, Maria Cecília de S.; SANCHES, Odécio. Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade?. **Cadernos de saúde pública**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 237-248, 1993.

MOLINER, Liliana Arroyo; GALLARDO-GALLARDO, Eva; DE PUELLES, Pedro Gallo. Understanding scientific communities: a social network approach to collaborations in Talent Management research. **Scientometrics**, v. 113, n. 3, p. 1439-1462, 2017.

MOREL, Carlos Medicis et al. Co-authorship network analysis: a powerful tool for strategic planning of research, development and capacity building programs on neglected diseases. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, [S.l.], v. 3, n. 8, p. e501, 2009.

NEWMAN, Mark E. J. Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. Supp1, p. 5200-5205, 2004.

\_\_\_\_\_. Communities, modules and large-scale structure in networks. **Nature Physics**, v. 8, n. 1, p. 25, 2012.

\_\_\_\_\_. The structure of scientific collaboration networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, n. 2, p. 404-409, 2001.

OBSERVATÓRIO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM SAÚDE. **Relatório Técnico do Grupo de Trabalho em Redes**. Análise das redes de colaboração científica da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) na pesquisa sobre Tuberculose. 2016. Disponível em: < [http://observatorio.fiocruz.br/sites/default/files/redes\\_tb.pdf](http://observatorio.fiocruz.br/sites/default/files/redes_tb.pdf) >. Acesso em: 8 jun. 2018.

OLDHAM, Geoffrey. International scientific collaboration: a quick guide. **SciDevNet**, 2005. Disponível em: < <https://www.scidev.net/global/policy-brief/international-scientific-collaboration-a-quick-gui.html> >. Acesso em: 1 jan. 2018.

OLIVEIRA, Rezilda Rodrigues; CABRAL, Sabrina de Melo. Emergência de uma rede de conhecimento. Análise segundo a experiência da criação e funcionamento do Centro Tecnológico do Agreste em Pernambuco. In: BASTOS, Antonio Virgílio B.; LOIOLA, Elisabeth; REGIS, Helder Pontes (Org.). **Análise das redes sociais em contextos organizacionais**. Salvador: EDUFBA, 2015. Cap. 13, p. 351-374.

PEIXOTO, Adriano de Lemos Alves; RIBEIRO, Elisa Maria Barbosa de Amorim; BRITO, Fernanda de Sousa. A diversidade nos grupos sob o enfoque das redes

sociais. In: BASTOS, Antonio Virgílio B.; LOIOLA, Elisabeth; REGIS, Helder Pontes (Org.). **Análise das redes sociais em contextos organizacionais**. Salvador: EDUFBA, 2015. Cap. 19, p. 503-518.

POWELL, Walter W.; KOPUT, Kenneth W.; SMITH-DOERR, Laurel. Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology. **Administrative Science Quarterly**, [S.I.], v. 41, n. 1, p. 116 - 145, mar. 1996.

RECUERO, Raquel. Métricas de Centralidade e Conversações em Redes Sociais na Internet: Desvelando Estratégias nos Debates Presidenciais de 2014. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA ABCIBER, 8., 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2014. Disponível em: < <http://www.raquelrecuero.com/artigos/abciberfinal2014.pdf> >. Acesso em 17 jan. 2018.

RIBEIRO, Leonardo Costa et al. Growth patterns of the network of international collaboration in science. **Scientometrics**, p. 1-21, 2018.

RODRIGUES, Marcio L.; NIMRICHTER, Leonardo; CORDERO, Radames J. The benefits of scientific mobility and international collaboration. **FEMS Microbiol Lett**, [S.I.], v. 363, n. 21, 2016. Disponível em: < <http://femsle.oxfordjournals.org/> >. Acesso em: 14 fev. 2017.

RONDA-PUPO, Guillermo Armando; KATZ, J. Sylvan. The scaling relationship between citation-based performance and scientific collaboration in natural sciences. **arXiv preprint arXiv:1510.05266**, 2015.

SILVA, Marcos Marinho da; REGIS, Helder Pontes. Perspectiva histórica da Análise de Redes Sociais. In: BASTOS, Antonio Virgílio B.; LOIOLA, Elisabeth; REGIS, Helder Pontes (Org.). **Análise das redes sociais em contextos organizacionais**. Salvador: EDUFBA, 2015. Cap. 1, p. 23-40.

SONNENWALD, Diane H. Scientific collaboration. **Annual review of information science and technology**, v. 41, n. 1, p. 643-681, 2007.

TAVARES, Fabíola. Testes da vacina brasileira contra a dengue serão conduzidos pela Fiocruz PE. **Portal Fiocruz**. 20 Out. 2016. Disponível em: < <https://portal.fiocruz.br/pt-br/content/testes-da-vacina-brasileira-contradengue-serao-conduzidos-pela-fiocruz-pe> >. Acesso em: 17 Nov. 2017.

TOMAÉL, Maria Inês; ALCARÁ, Adriana Rosecler; DI CHIARA, Ivone Guerreiro. Das redes sociais à inovação. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 93-104, mai./ago. 2005.

VANZ, Samile Andrea de Sousa; STUMPF, Ida Regina Chittó. Colaboração científica: revisão teórico-conceitual. **Perspectivas em Ciência da Informação**, [S.I.], v. 15, n. 2, p. 42-55, 2010.

VASCONCELLOS, Alexandre Guimarães; MOREL, Carlos Medicis. Enabling policy planning and innovation management through patent information and co-authorship network analyses: a study of tuberculosis in Brazil. **PloS One**, [S.I.], v. 7, n. 10, p. e45569, 2012.

VELHO, Léa. Redes regionais de cooperação em C&T e o Mercosul. **Parcerias estratégicas**, v. 6, n. 10, p. 58-74, 2010.

WAGNER, Caroline S.; LEYDESDORFF, Loet. Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. **Research Policy**, v. 34, p. 1608-1618, 2005.

WASSERMAN, Stanley; FAUST, Katherine. **Social Network Analysis**. Methods and applications. London: Cambridge University Press, 1994.

WATTS, Duncan J.; STROGATZ, Steven H. Collective dynamics of 'small-world' networks. **Nature**, v. 393, n. 6684, p. 440-442, jun. 1998.

WRAY, K. Brad. The epistemic significance of collaborative research. **Philosophy of Science**, v. 69, n. 1, p. 150-168, mar. 2002

WUCHTY, Stefan; JONES, Benjamin F.; UZZI, Brian. The increasing dominance of teams in production of knowledge. **Science**, v. 316, n. 5827, p. 1036-1039, 2007.

ZITT, Michel; BASSECOULARD, Elise; OKUBO, Yoshiko. Shadows of the past in international cooperation: Collaboration profiles of the top five producers of science. **Scientometrics**, v. 47, n. 3, p. 627-657, 2000.