

## Colaborações científicas em Zika: identificação dos principais grupos e pesquisadores através da análise de redes sociais

Scientific collaboration in Zika: identification of the leading research groups and researchers via social network analysis

Colaboraciones científicas en Zika: identificación de los principales grupos e investigadores mediante el análisis de redes sociales

Luis Fernando Monsoro Passos Maia <sup>1</sup>  
Marcia Lenzi <sup>2</sup>  
Elaine Teixeira Rabello <sup>2,3</sup>  
Jonice Oliveira <sup>1</sup>

doi: 10.1590/0102-311X00220217

### Resumo

Devido à associação entre Zika e microcefalia, o Brasil recebeu atenção neste cenário. A situação de emergência exigiu rapidez e esforço coletivo dos pesquisadores de todo o mundo, e a Ciência se apressou nas investigações e publicação dos resultados. A partir das interações formadas, criou-se e se disseminou conhecimento científico. Publicações ainda são a melhor forma de divulgar o conhecimento científico. Através delas é possível registrar os progressos realizados em um campo de estudos e observar como os cientistas colaboram entre si para conduzir avanços à medida que novos conhecimentos e tecnologias são engendrados. Um modo eficaz de mapear esses avanços é analisar as Redes Sociais (redes de relacionamentos e colaboração) dos cientistas, já que atualmente a colaboração constitui uma característica intrínseca da Ciência moderna. Desse modo, a coautoria em publicações se apresenta como um importante indicador de colaboração científica na compreensão dos progressos realizados em diversas áreas da Ciência. Este trabalho objetiva, por um método generalizável, mapear e analisar a Rede Social Científica formada no domínio de Zika, mostrando como os cientistas colaboraram entre si para conduzir os principais avanços de pesquisa, identificando os principais grupos de pesquisa em Zika, além dos pesquisadores mais influentes. Para isso, utilizaram-se técnicas de Análise de Redes Sociais nas redes de coautoria formadas entre os anos de 2015 e 2016. Os dados deste estudo sinalizam que a influência de um pesquisador em Zika é basicamente motivada por três fatores: (a) quantidade de publicações; (b) parcerias diversificadas; e (c) os vínculos estabelecidos com os pioneiros da área.

Zika Vírus; Autoria e Coautoria na Publicação Científica; Rede Social; Comportamento Cooperativo

### Correspondência

L. F. M. P. Maia  
Universidade Federal do Rio de Janeiro.  
Av. Athos da Silveira Ramos 274, bloco E, sala 2006,  
Rio de Janeiro, RJ 21941-916, Brasil.  
luisfmpm@ufrj.br

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>2</sup> Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.



## Introdução

A epidemia de Zika vírus (ZIKV) se apresentou em 2015, no Brasil, como um novo fenômeno que até hoje busca respostas da ciência para questões inéditas, como o expressivo número de casos de microcefalia e outras alterações neurológicas em recém-nascidos. Previamente limitada a uma região restrita da África, com histórico de quadros benignos e sem complicação <sup>1</sup>, foi somente a partir das ocorrências na Ilha de Yap, Micronésia, em 2007, e posteriormente na Polinésia Francesa, em 2013, e no Brasil, em 2014, que se tornou urgente seu estudo e a busca de respostas para o mundo.

Na Ilha de Yap, aproximadamente 73% dos habitantes foram infectados e apresentaram um quadro sintomatológico leve e de curta duração, e muitos casos assintomáticos <sup>2</sup>.

No final de 2013, uma nova epidemia ocorreu na Polinésia Francesa <sup>3</sup>, onde o surto foi de maiores proporções, verificado em estudos epidemiológicos retrospectivos que apontaram para a ocorrência de aproximadamente 30 mil infecções e a ocorrência de casos de síndrome de Guillain-Barré associada às infecções pelo ZIKV, bem como notificação dos primeiros casos de transmissão perinatal. Na análise retrospectiva dos nascidos vivos desse surto na Polinésia, foram identificados de março de 2014 a maio de 2015 17 casos de má-formações do sistema nervoso central, incluindo microcefalia em fetos e recém-nascidos <sup>4</sup>.

Massad et al. <sup>5</sup> afirmam que o vírus foi introduzido no Brasil entre outubro de 2013 e março de 2014, vindo da Polinésia Francesa.

Na segunda metade do ano de 2014, uma nova doença febril foi registrada nas cidades de Natal, capital do Rio Grande do Norte, e Recife, capital do Estado de Pernambuco. Após investigação dos casos, foi confirmada também a circulação do ZIKV no Estado da Bahia, na cidade de Camaçari <sup>6,7</sup>.

Em 2015, a ocorrência incomum de microcefalia em recém-nascidos passa a ser encontrada em Pernambuco, numa incidência fora do padrão. Investigações sobre a associação entre Zika e microcefalia começaram a ser desenvolvidas no Brasil <sup>8</sup>. Entretanto, essa associação foi, de fato, confirmada pelo Centers for Disease Control and Prevention (CDC) dos Estados Unidos que anunciou, em 13 de abril de 2016, a confirmação da relação entre o ZIKV e a ocorrência de microcefalia em bebês cujas mães foram infectadas pelo vírus.

A situação de emergência exigiu rapidez e esforço coletivo dos pesquisadores de todo o mundo, e a Ciência se apressou nas investigações e publicação dos resultados.

Publicações ainda são o principal mecanismo de disseminação do conhecimento científico. Consequentemente, universidades e institutos de pesquisa possuem a sua produtividade e os avanços de suas pesquisas em seu atual estado da arte avaliadas por métricas diretamente relacionadas com o número de citações (p.ex.: fator de impacto, índice i10, índice h, entre outras). Tais métricas buscam estimar a reputação e a produtividade acadêmica de um pesquisador, bem como o impacto de sua pesquisa por meio de suas publicações <sup>9</sup>. No entanto, essas métricas têm sido criticadas sob diversos aspectos. Algumas dessas críticas salientam o fato de que medidas de impacto baseadas nesses indicadores ignoram os aspectos mais sutis e informais da influência acadêmica, como o engajamento com a comunidade, a inserção em grupos de pesquisa e a divulgação além da comunidade científica <sup>10</sup>.

Tão importante quanto analisar a produção de um pesquisador, é analisar o seu engajamento na comunidade científica, o seu papel na criação e disseminação do conhecimento e como os grupos de um determinado domínio da ciência evoluem <sup>11,12</sup>. Em particular, métricas de Análise de Redes Sociais (ARS) podem ser utilizadas para explorar os relacionamentos em redes de colaboração científica – também conhecidas como Redes Sociais Científicas (RSC) <sup>11,13</sup>. Em estudos cujo foco é a coautoria, essa relação pode ser medida pela proporção com que os mesmos grupos de autores publicam artigos em comum, em que essas publicações podem ser usadas como medida para indicar a força dos vínculos entre pesquisadores. As redes de coautoria e a maioria das estruturas sociais usualmente são representadas por estruturas de grafo. A ARS consiste em aplicar um conjunto de métricas e algoritmos para analisar os relacionamentos existentes nessas estruturas de grafo <sup>14</sup>.

Este trabalho objetiva mapear e analisar a RSC no domínio de Zika, mostrando como os cientistas colaboraram entre si para conduzir os principais avanços nas pesquisas de ZIKV. Para isso, buscou-se responder às questões: “Quais pesquisadores são mais influentes – em termos de atividade e colaboração – em estudos relacionados à Zika?” e “Quais são os principais grupos de colaboração?”. Fazendo uso das métricas de ARS em conjunto com métricas de produtividade, espera-se entender melhor a

representatividade e reconhecimento de pesquisadores em Zika, para apresentar à comunidade acadêmica os nomes de maior destaque em estudos relacionados à doença na atualidade.

## Trabalhos relacionados

Em estudos relacionados à RSC, um dos destaques é o trabalho de Newman<sup>15</sup>, que explorou a base do PubMed/MEDLINE, extraiu publicações e analisou RSC em diversos temas da Biomedicina utilizando métricas que examinam a rede em perspectiva macro/global. Neste estudo, 2.163.923 publicações foram analisadas e 1.520.251 de pesquisadores identificados. Também foram observadas as médias de 6,40 artigos por pesquisador, 3,75 pesquisadores por artigo e uma média de colaboração de 18,10. Em contraste com o trabalho de Newman, neste trabalho analisou-se RSC em uma perspectiva multidimensional, considerando diferentes níveis/métricas, além das métricas globais exploradas pelo autor.

Freeman<sup>16</sup> demonstrou matematicamente como é possível calcular a centralidade de vértices com base na posição absoluta ou relativa em relação a outros vértices de uma rede social, tornando possível a atribuição de escores (*degree*, *closeness* e *betweenness*) para cada vértice. Yan & Ding<sup>17</sup> propuseram um método para calcular a influência de pesquisadores em RSC, aplicando métricas de centralização de Freeman<sup>16</sup> em conjunto com o PageRank<sup>18</sup>, no domínio da Biblioteconomia e Ciência da Informação, para analisar a estrutura da rede em nível “micro”, ou seja, examinando em profundidade a estrutura da RSC com auxílio das quatro métricas. Já o trabalho de Liu et al.<sup>19</sup> utilizou as quatro métricas anteriores de modo similar, porém, nesta abordagem, os autores propuseram uma nova métrica semelhante ao PageRank para auxiliar em suas análises, mas que considera os pesos nas arestas. Seu método foi aplicado nas redes formadas por autores que publicaram nas principais bibliotecas digitais da computação. Assim como Yan & Ding<sup>17</sup> e Liu et al.<sup>19</sup>, este estudo examinou em detalhes os aspectos estruturais da RSC em nível micro (considerando os pesquisadores e a dinâmica de seus relacionamentos), contudo, no método da presente pesquisa, o emprego combinado das métricas utilizadas permite a identificação dos pesquisadores mais influentes com maior precisão.

No cenário brasileiro, Morel et al.<sup>12</sup> estudaram a produtividade científica e as coautorias que se formaram entre pesquisadores brasileiros na base de dados Web of Science. Com base nisso, foi possível mapear as RSC e analisar a formação de *clusters* compostos por autores que publicaram artigos internacionais sobre sete doenças tropicais negligenciadas, entre 2001-2008. Utilizando palavras-chave extraídas dos artigos, os autores conseguiram inferir coautorias/relacionamentos importantes entre os pesquisadores, como os *clusters* formados na temática Dengue e os componentes pontes entre instituições e grupos de pesquisa na temática Tuberculose. Além da forma como os autores analisaram as coautorias, outra diferença entre o mencionado trabalho e este é o fato de se ter automatizado o processo de recuperação, tratamento e integração dos dados e construção das RSC.

Albuquerque et al.<sup>11</sup> analisaram a colaboração científica de pesquisadores brasileiros que participaram do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para o Controle do Câncer (INCTCC). Para tal fim, os autores realizaram análises da rede valendo-se de um modelo multidimensional, analisando também a série temporal de publicações dos membros do grupo estudado com base em informações recuperadas das plataformas Lattes e PubMed. Diferentemente do método aqui empregado, que é generalizável para outros cenários e bases de dados, o método apresentado naquele trabalho correlato se limita somente ao cenário brasileiro, já que utiliza a base do Lattes para extrair informações e mapear relacionamentos em RSC.

## Construção da Rede Social Científica

Na análise da RSC deste trabalho, foram empregadas métricas de conectividade<sup>20</sup> e de centralização<sup>16</sup>: *degree* (grau), *betweenness* (intermediação) e *closeness* (proximidade) para estudar como e com quem os pesquisadores estabelecem coautoria. Também foi empregada uma quarta métrica de centralidade, o PageRank<sup>18</sup>, que mede a relevância dos nós da rede com base na relevância de outros nós a eles conectados.

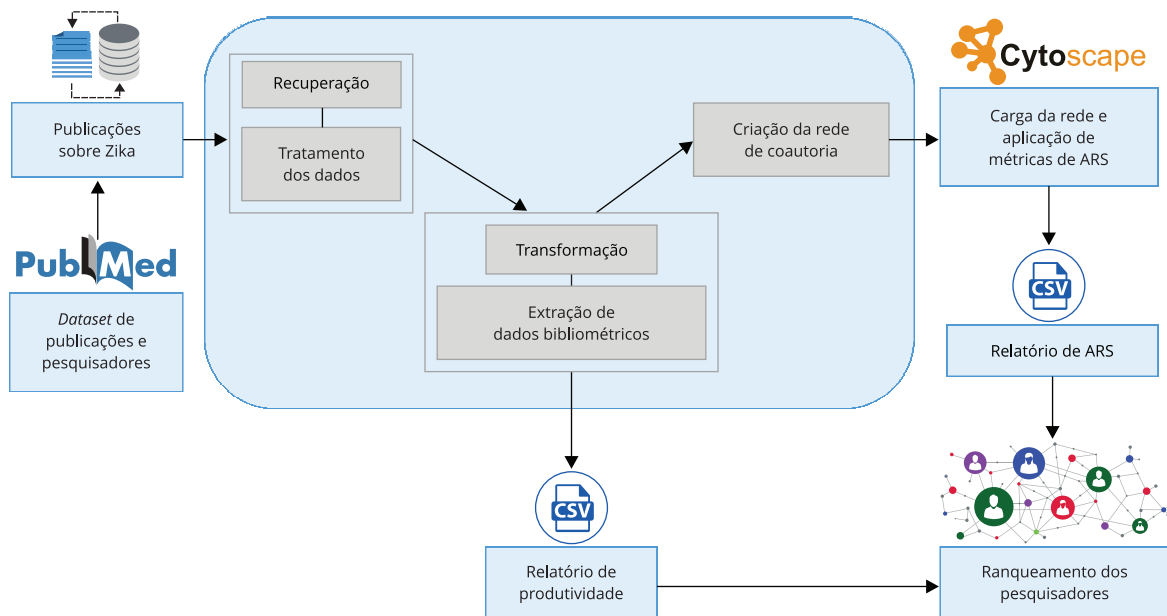
As métricas de centralidade foram escolhidas pela definição de “prestígio” detalhada em Wasserman & Faust<sup>20</sup>. O prestígio de grau está associado à quantidade de vínculos diretos de um elemento na rede. Quanto mais vínculos o pesquisador tiver na RSC, maior seu prestígio de grau. O prestígio de proximidade considera como mais “centrais” aqueles que possuem uma distância média menor em relação a todos os outros da rede. Pesquisadores que colaboram com elementos mais centrais na RSC possuem prestígio de proximidade maior. O prestígio de intermediação considera como elementos de maior prestígio aqueles que são pontes, conectando diferentes grupos de pesquisa. Além disso, atribuiu-se maior status aos elementos mais referenciados na RSC, empregando-se a métrica PageRank<sup>13</sup>.

O processo utilizado (Figura 1), adaptado de Maia & Oliveira<sup>13</sup> e Maia & Yagui<sup>21</sup>, é responsável por: (i) recuperar dados de pesquisadores em publicações sobre Zika extraídas do PubMed; (ii) construir uma RSC de coautoria com base nos dados recuperados; (iii) aplicar métricas de ARS na RSC construída; e (iv) evidenciar pesquisadores importantes e seus papéis na RSC da Zika, com base em sua produtividade e influência nas redes de pesquisa em que estão inseridos.

Através do mecanismo de consultas (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/advanced>) do PubMed e utilizando como *string* de busca o termo “Zika” (nos filtros: título, resumo e texto da publicação), em 21 de dezembro de 2016, foram extraídos dados de 1.932 publicações sobre a doença Zika. Para utilizar esses dados, foi elaborado um *workflow* na ferramenta Knode (<https://www.knode.org/about>), de modo a integrar dados de autores e publicações para gerar a RSC e carregá-la na ferramenta de ARS Cytoscape ([http://www.cytoscape.org/what\\_is\\_cytoscape.html](http://www.cytoscape.org/what_is_cytoscape.html)). Em seguida, foi gerado o grafo de colaboração para visualização da rede criada, em que os autores são os nós e as publicações são as arestas. Assim, foi possível aplicar as métricas de ARS e analisar a RSC em três níveis diferentes: global, local e individual.

**Figura 1**

Arquitetura proposta para este estudo (adaptado de Maia & Oliveira<sup>13</sup> e Maia & Yagui<sup>21</sup>).



ARS: Análise de Redes Sociais.

## Análise global

Neste nível de análise, foi estudado o comportamento de publicação global na temática Zika com base em uma análise bibliométrica preliminar, correlacionando dados de pesquisadores e publicações. A Tabela 1 sumariza os resultados dessa análise.

Conforme os valores observados na Tabela 1, foram identificados 6.808 pesquisadores na RSC da doença Zika, em que um pesquisador publicou em média 1,49 artigo, os artigos possuem uma média de 5,20 pesquisadores e um pesquisador colabora, em média, com 6,12 pesquisadores.

Observando os resultados do estudo de Newman<sup>15</sup> e as análises bibliométricas do presente estudo, é possível fazer algumas comparações. A média de publicações por pesquisador, por exemplo, é baixa se comparada com publicações da Biomedicina em geral. Apenas 37 pesquisadores, dentre os 6.808 identificados, publicaram mais de dez vezes sobre o tema Zika. Isso indica que o tema, até alguns anos atrás, era pouco visado pela comunidade da Biomedicina, o que pode ser explicado se se levar em conta que o interesse em estudar a doença mais a fundo surgiu somente a partir dos surtos ocorridos no ano de 2013<sup>22</sup>. Já a média de pesquisadores por publicação, que é de 5,20, pode ser considerada alta, uma vez que é 39% maior em relação à média encontrada em publicações da Biomedicina. Para que se tenha uma ideia disso, neste trabalho foram identificadas 322 publicações em que dez ou mais autores participaram da pesquisa, ou seja, um sexto da amostra. Isso é um indicativo de que o tema tende a formar grupos de pesquisa com muitos integrantes. Por fim, a média de colaboração de 6,12 é baixa (três vezes menor) se comparada com a de grupos da área da Biomedicina. Isso demonstra que os pesquisadores do ZIKV, no âmbito global, tendem a colaborar menos.

Na etapa seguinte, a fim facilitar na identificação dos pesquisadores mais influentes, foram eliminados componentes isolados e elos fracos da rede (pesquisadores que publicam sem coautores e vínculos de apenas uma publicação em comum). Para isso, utilizou-se como parâmetros: (i) pesos aos nós/pesquisadores, onde o peso corresponde ao número de arestas daquele nó; (ii) pesos às arestas, onde o peso corresponde ao número de publicações em comum; (iii) a ocorrência de uma aresta condicionada à existência de duas ou mais publicações em comum; e (iv) remoção de nós isolados da RSC. Com isso, a visualização do grafo se tornou menos poluída e a identificação dos componentes importantes se tornou mais fácil.

Após os ajustes realizados, foi projetado um grafo de colaboração em que é possível identificarmos 1.025 nós e 3.608 arestas, sendo 8.650 arestas se se considerar o peso em função das que se repetem, ou seja, foram mapeadas 8.650 publicações em comum entre 1.025 pesquisadores.

Isso feito, também foi possível aplicar métricas de conectividade na RSC para identificar os grupos de nós/pesquisadores que se sobressaem na estrutura observada.

**Tabela 1**

Análise global: dados bibliométricos da Rede Social Científica em Zika.

Métrica	Resultado
Número de pesquisadores da rede	6.808
Número de publicações da rede	1.932
Somatório de publicações considerando cada pesquisador individualmente	10.160
Somatório de pesquisadores considerando cada publicação individualmente	10.060
Média de publicações por pesquisador	1,49
Média de pesquisadores por publicação	5,20
Média de colaboração (grau médio)	6,12

## Análise local

Neste nível de análise, foram identificados os maiores componentes/*clusters*, com 208, 133 e 96 nós, que correspondem a 20,29%, 12,97% e 9,36% do total de pesquisadores da RSC. Dentre os demais componentes identificados, o quarto, o quinto, o sexto, o sétimo e o oitavo maiores possuem, respectivamente, 37, 23, 22, 22 e 21 nós. Todos os demais componentes possuem menos de 20 nós cada um. A Tabela 2 corresponde às métricas de conectividade extraídas dos oito maiores componentes da RSC.

Com base nesses números (em especial, nós e diâmetro da rede), para este estudo, somente os três maiores *clusters* identificados na RSC (doravante sub-rede 1, sub-rede 2 e sub-rede 3) foram considerados na análise individual (437 nós). A Figura 2 ilustra a distribuição das colaborações científicas em Zika e destaca os três principais clusters/sub-redes identificados.

## Análise individual

Após a identificação dos subconjuntos de pesquisadores mais importantes, aplicaram-se as métricas de centralidade explicadas na seção *Construção da Rede Social Científica* para analisar as propriedades individuais das três sub-redes e identificar os pesquisadores mais influentes. As análises realizadas neste nível foram adaptadas do trabalho de Maia & Oliveira<sup>13</sup>, que incorporou os conceitos de centralidade aplicados nos trabalhos de Freeman<sup>16</sup>, Yan & Ding<sup>17</sup> e Liu et al.<sup>19</sup>. Com base nesses propostos, nesta análise extraiu-se o *degree*, *closeness* e *betweenness* para achar os nós mais centrais, e o PageRank para comparar esses nós com os mais referenciados.

## Análise da produtividade

Primeiramente, um critério importante a ser estudado é o Número de Publicações (NP) de cada pesquisador, pois a quantificação da produtividade, a despeito de críticas ao fato, ainda é um fator essencial no meio acadêmico para determinar se um pesquisador está conduzindo avanços em seu campo de atuação ou em focos específicos, no caso, a doença Zika. Desse modo, o NP de cada pesquisador foi extraído e um *ranking* foi criado com base na quantidade de vezes que cada pesquisador publicou. Nesse *ranking*, foram levados em conta apenas aqueles que publicaram cinco ou mais vezes, descartando os pesquisadores com baixa produção bibliográfica e reduzindo o escopo da próxima análise. Além disso, como forma de facilitar na identificação dos pesquisadores mais produtivos e melhorar a visualização dos números, foram definidas quatro categorias de cores baseadas no NP de cada pesquisador, conforme os critérios mostrados na Tabela 3.

Definidos esses critérios, foi constatado que, entre os pesquisadores que mais publicaram, 133 estão na categoria **vermelha**, 24 na **roxa**, 21 na **azul** e 16 na **verde**. A Tabela 4 mostra os pesquisadores com mais publicações (categoria verde) nos três *clusters*/sub-redes principais.

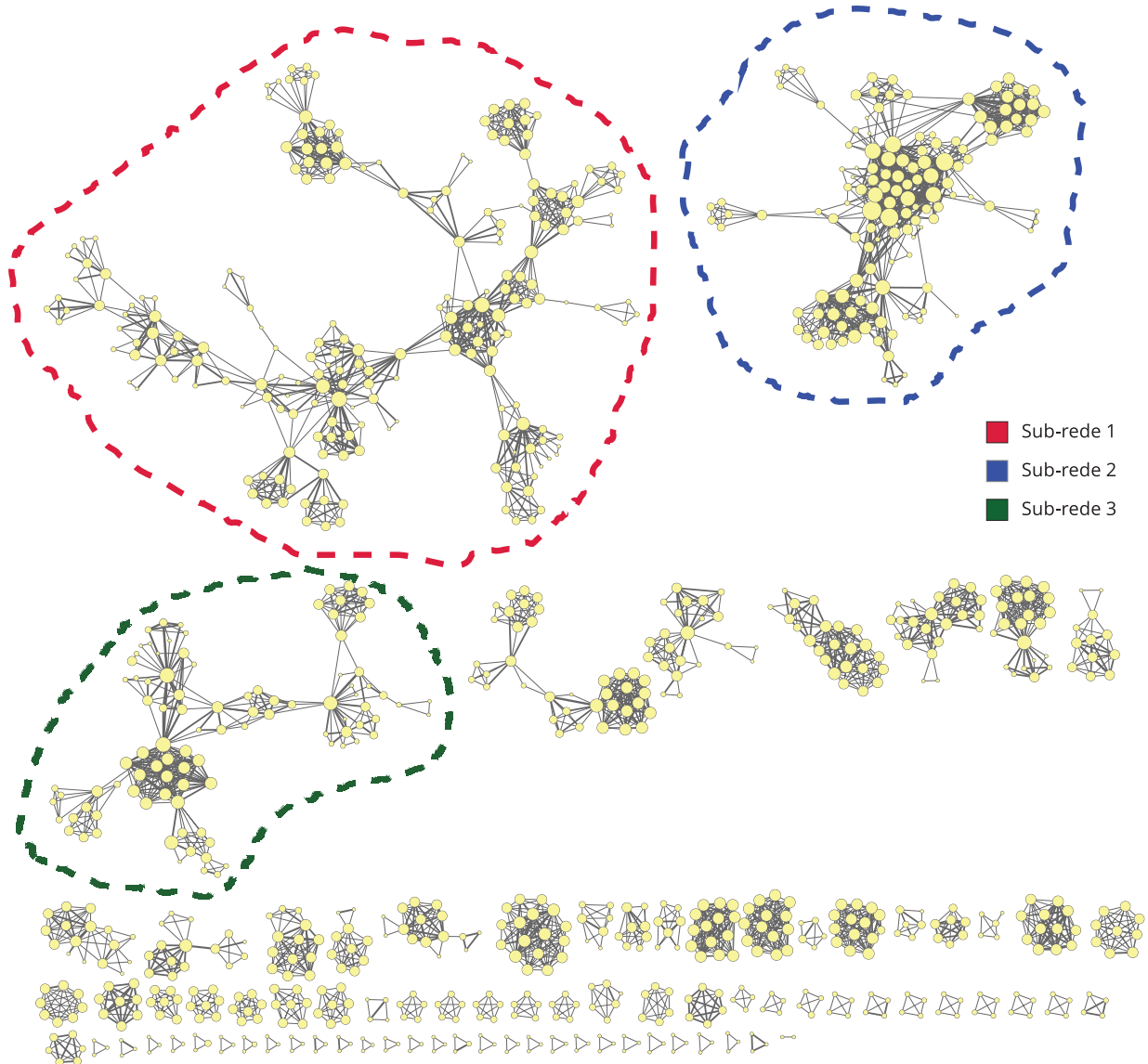
**Tabela 2**

Análise local: métricas de conectividade dos oito maiores componentes da Rede Social Científica em Zika.

Componente	Nós	Grau médio	Diâmetro da rede	Densidade
Componente gigante	208	6,92	12	0,03
Segundo maior componente	133	10,38	6	0,079
Terceiro maior componente	96	7,31	9	0,077
Quarto maior componente	37	9,35	5	0,26
Quinto maior componente	23	5,83	4	0,25
Sexto maior componente	22	9,91	4	0,45
Sétimo maior componente	22	10,00	2	0,47
Oitavo maior componente	21	7,36	3	0,35

**Figura 2**

Grafo de colaboração da Rede Social Científica em Zika, em que estão destacados os três principais *clusters* de pesquisadores identificados (sub-rede 1, sub-rede 2 e sub-rede 3).



Nota: o grafo de coautoria com os nomes dos pesquisadores em Zika encontra-se disponível em <https://luisfmpm.github.io/CSP/>. O grafo de coautoria também destaca os pesos aplicados aos nós e arestas, em que o tamanho dos nós varia conforme o número de coautorias de cada pesquisador e o tamanho das arestas varia conforme o número de coautorias entre dois pesquisadores.

Pelos resultados observados na Tabela 4, pode-se constatar que esses nomes, de fato, referem-se a pesquisadores que pertencem a redes de colaboração científica com fortes referências geopolítica/institucional. Observam-se núcleos bem definidos nesse grupo como, por exemplo, o formado por pesquisadores do Institut Louis Malardé – ILM (Taiti/Polinésia Francesa), composto por Didier Musso (MUSSO D) e Van-Mai Cao-Lormeau (CAO-LORMEAU VM) e Isabelle Leparç-Goffart (LEPARC-GOFFART I), que pertence ao National Reference Center for Arboviruses – NRCA (França) e ao Institut de Recherche Biomédicale des Armées – IRBA (Marselha/França).

**Tabela 3**

Categorias de cores baseadas no número de publicações (NP).

<b>Categoria</b>	<b>Condição</b>
Vermelha	Se NP $\geq$ 5 ou NP < 8
Roxa	Se NP $\geq$ 8 ou NP < 10
Azul	Se NP $\geq$ 10 ou NP < 15
Verde	Se NP $\geq$ 15

**Tabela 4**

Pesquisadores que mais publicaram nas 3 sub-redes estudadas.

<b>Pesquisador</b>	<b>Publicações</b>
MUSSO D	33
JAMIESON DJ	21
LEPARC-GOFFART I	20
FISCHER M	19
HONEIN MA	18
WEAVER SC	17
STAPLES JE	16
VASILAKIS N	16
DIAMOND MS	16
CAO-LORMEAU VM	16
QIN CF	15

Esses pesquisadores começaram a publicar a partir de 2014, quando da ocorrência do surto de ZIKV na Polinésia Francesa em 2013. Didier Musso e Cao-Lormeau têm forte parceria com Duane Gubler, da Duke-NUS Medical School (Singapura) e da Partnership for Dengue Control (Lyon/França), que apesar de não estar entre os pesquisadores que mais publicaram, reforça a ligação de mais uma instituição francesa nessa rede de coautoria.

Nesse grupo de 11 pesquisadores, nota-se também um forte núcleo oriundo do CDC (Atlanta/Estados Unidos), a citar, Mark Fischer (FISCHER M), Denise J. Jamieson (JAMIESON DJ), Margareth A. Honein (HONEIN MA) e J. Erin Staples (STAPLES JE). Pela capilaridade do CDC em termos de parcerias e trabalhos desenvolvidos, esse núcleo teve uma produtividade muito expressiva em termos de publicação. Mark Fischer, por exemplo, foi um dos primeiros a publicar sobre a epidemia de ZIKV na Ilha Yap, em 2007<sup>23</sup>.

Scott Weaver (WEAVER SC) e Nikos Vasilakis (VASILAKIS N) da University of Texas – UT (Estados Unidos) lideram outro grupo de expressão na publicação em Zika. Além da UT, outros grupos menores da Washington University, a partir de Michael S. Diamond (DIAMOND MS), da Johns Hopkins University, e outras confirmam uma forte participação dos Estados Unidos na pesquisa em Zika.

Cheng-Feng Qin (QIN CF), do departamento de Virologia do Beijing Institute of Microbiology and Epidemiology (Pequim/China), tem uma forte participação na rede de publicações em Zika, com parcerias eminentemente chinesas.



### **Ranking das métricas de Freeman**

Nesta análise, extraiu-se o *degree*, *closeness* e *betweenness* de cada pesquisador. Feito isso, ranquearam-se os pesquisadores individualmente (em suas respectivas sub-redes) com base nessas medidas em que, quanto maior sua pontuação em uma métrica, melhor colocado ele estará no *ranking* daquela métrica. Foram considerados somente os 100 primeiros colocados em cada métrica neste processo.

Somaram-se, então, as posições dos pesquisadores nas três métricas, em que os mais influentes estão listados em ordem crescente de acordo com os valores da coluna “Escore”. Pesquisadores com produtividade baixa (Tabela 3) ou pontuação baixa (*degree*, *closeness* ou *betweenness* abaixo dos 100 primeiros) foram desconsiderados neste *ranking*. Em seguida, criou-se um *ranking* específico para pesquisadores menos centrais na rede (baixa pontuação em uma das três métricas), seguindo os mesmos critérios do *ranking* anterior. Esses pesquisadores (sublinhados) aparecem logo abaixo dos pesquisadores mais centrais nas tabelas seguintes.

As Tabelas 5, 6 e 7 mostram os pesquisadores mais bem colocados nas três sub-redes, segundo esses critérios, além das categorias de cores/produtividade (Tabela 3). Como critério de desempate foram utilizados o *degree* e o número de publicações.

### **Ranking comparativo (PageRank)**

Nesta etapa, calculou-se o PageRank de cada pesquisador. Segundo os critérios de prestígio definidos na seção *Construção da Rede Social Científica*, quanto maior o valor do PageRank, mais um pesquisador está relacionado com nós de alto prestígio (*status*) ou muito referenciados. Dessa forma, utilizou-se esta métrica de modo complementar para verificar a confiabilidade do *ranking* de centralidade tendo em vista que pesquisadores de maior prestígio também deveriam pontuar bem no PageRank.

Tendo isso em mente, foram comparados os *rankings* das Tabelas 5, 6, e 7 com os 100 primeiros colocados mais produtivos (Tabela 3) das três sub-redes no PageRank (Tabelas 8, 9 e 10). Apenas 2 pesquisadores do *ranking* de Freeman não apareceram no *ranking* comparativo. Em contrapartida, 9 pesquisadores do *ranking* comparativo não apareceram no *ranking* de Freeman. Em seus respectivos *clusters*; verifica-se, no entanto, que esses 11 nós estão vinculados a nós de alto prestígio no *ranking* de Freeman. As Tabelas comparativas 8, 9 e 10 mostram os pesquisadores ordenados pelo PageRank.

Desse modo, com base em critérios de produtividade (publicações) e prestígio (*degree*, *closeness*, *betweenness* e PageRank), dos 437 nós identificados na análise individual, foram mapeados os 106 pesquisadores mais influentes, sendo 54 na sub-rede 1, 34 na sub-rede 2 e 18 na sub-rede 3, conforme ilustrado nas Figuras 3, 4 e 5.

### **Os mais influentes nas 3 sub-redes**

Em relação ao mapeamento dos pesquisadores quanto à sua influência na RSC da Zika, no período determinado por este estudo, os resultados apontam para a ideia que os mais produtivos são também os mais influentes.

#### **• A sub-rede 1**

A sub-rede 1, maior *cluster* de pesquisadores identificado por este estudo, é caracterizada pela forte participação de pesquisadores chineses, a partir de **Cheng-Feng Qin** (mais influente da sub-rede 1). Apenas a título de exemplificação, de acordo com a Tabela 5, 8 dos 14 primeiros pesquisadores mais influentes são chineses.

**Scott Weaver** e **Nikos Vasilakis**, da UT, que ocupam as primeiras posições nas Tabelas 5 e 8, lideram um grupo diversificado, composto por pesquisadores brasileiros e também de vários pesquisadores chineses que desenvolvem estudos nos Estados Unidos e também em Pequim. Nessas ligações de coautoria, um nó importante é **Pei-Yong Shi (SHI PY)**, da UT, que se conecta ao grupo da China através de **Cheng-Feng Qin**.

**Tabela 5**

*Ranking* dos pesquisadores mais influentes na sub-rede 1 com base nas métricas de Freeman, em que também estão contempladas as categorias de cores baseadas no número de publicações (Tabela 3).

Pesquisador	Publicações	<i>Betweenness</i> /Rank	<i>Closeness</i> /Rank	<i>Degree</i> /Rank	Escore
QIN CF	15	0,4374/2	0,2900/1	26/2	5
WEAVER SC	17	0,2603/5	0,2638/4	27/1	10
VASILAKIS N	16	0,2548/6	0,2638/5	22/3	14
DENG YQ	10	0,1486/11	0,2737/3	17/8	22
LIU X	5	0,2378/7	0,2441/11	19/5	23
SHI PY	12	0,4961/1	0,2815/2	12/22	25
YE Q	9	0,0326/32	0,2450/8	20/4	44
ZHAO H	5	0,1884/9	0,2383/16	13/19	44
GAO GF	7	0,2856/3	0,2441/10	10/33	46
KO AI	10	0,2805/4	0,2343/24	13/20	48
LI XF	9	0,0368/30	0,2605/6	14/15	51
TESH RB	11	0,0285/33	0,2444/9	15/10	52
RIBEIRO GS	7	0,1260/12	0,2265/31	12/23	66
LI C	6	0,0467/25	0,2372/17	10/34	76
DIAMOND MS	16	0,1082/15	0,1998/80	18/6	101
ZHANG S	7	0,0489/24	0,2027/67	15/11	102
BELFORT R JR	9	0,1254/13	0,2017/71	12/24	108
MAIA M	7	0,1254/14	0,2017/72	12/25	111
FERNANDEZ E	7	0,00011/81	0,1986/22	12/26	129
GARCIA-BLANCO MA	5	0,0219/37	0,0242/13	7/79	129
LIU ZY	5	0,0002/68	0,2328/26	10/36	130
XIE X	8	0,0014/52	0,2430/12	8/69	133
LI J	5	0,0348/45	0,2265/66	11/31	142
SHAN C	5	0,0013/53	0,2422/14	7/79	146
SONG H	6	0,2107/8	0,2071/63	7/86	157
LI D	5	0,0022/51	0,2017/75	10/39	165
JIANG T	5	0,0002/71	0,2320/28	7/80	179
CAMPOS GS	7	0,0557/21	0,1869/93	8/74	188
ROSSI SL	5	0,0003/65	0,2129/45	7/82	192
SALL AA	11	0,00006/78	0,2130/49	8/72	199
DIALLO M	7	0,00005/73	0,2129/50	8/79	202
QIAN X	5	0,1793/10		16/9	19
LI Y	9	0,074/19		18/7	26
RAMOS RC	9	0,1025/16		14/16	32
VAN DER LINDEN V	8	0,0579/20		15/12	33
YANG H	5	0,0911/18		11/32	50
VENTURA CV	10	0,0219/36		12/27	63
OGDEN SC	5	0,0009/56		15/13	69
HAMMACK C	5	0,00089/57		15/14	71
DOWD KA	5	0,0187/40		10/41	81
ROCHA MA	7	0,0151/42		10/40	82
PIERSON TC	8	0,0186/41		10/42	83
CORDEIRO MT	9	0,0501/23		9/63	86
RODRIGUES LC	11	0,0426/27		8/77	104
WANG Z	7	0,00004/82		10/45	127
DE PAULA FREITAS B	5	0,0040/47	0,1962/88		135

Nota: este *ranking* também inclui 15 pesquisadores (sublinhados) que, segundo os critérios de centralidade estudados, podem ser considerados influentes, porém menos centrais na sub-rede 1. Caso haja empate no valor do Escore, considerar: 1ª – maior *degree*; 2ª – maior número de publicações.

Tabela 6

Ranking dos pesquisadores mais influentes na sub-rede 2 com base nas métricas de Freeman, em que também estão contempladas as categorias de cores baseadas no número de publicações (Tabela 3).

Pesquisador	Publicações	Betweenness/Rank	Closeness/Rank	Degree/Rank	Escore
JAMIESON DJ	21	0,1966/2	0,5111/1	43/1	4
ODUYEBO T	13	0,2031/1	0,4808/3	38/3	7
HONEIN MA	18	0,1336/5	0,5018/2	38/2	9
POWERS AM	14	0,1806/3	0,4742/4	30/5	12
FISCHER M	19	0,1311/6	0,4509/6	31/4	16
MEANEY-DELMAN D	13	0,1076/8	0,4584/5	29/7	20
PETERSEN EE	13	0,0457/16	0,4466/7	30/6	29
RIVERA-GARCIA B	11	0,1639/4	0,4070/18	26/9	31
STAPLES JE	16	0,0304/20	0,4326/8	24/10	38
HILLS SL	7	0,0500/15	0,4169/12	18/15	42
RASMUSSEN SA	11	0,0179/26	0,4312/9	26/8	43
MUNOZ-JORDAN J	8	0,1105/7	0,3865/25	24/11	43
RUSSELL K	8	0,0206/22	0,4259/10	20/13	45
PEREZ-PADILLA J	8	0,0515/14	0,3920/24	18/16	54
MEAD P	7	0,0129/30	0,4000/20	19/14	64
BROOKS JT	7	0,0157/29	0,4119/15	16/22	66
VILLANUEVA J	5	0,0039/43	0,4181/11	16/21	75
SHAPIRO-MENDOZA CK	5	0,0189/23	0,4156/13	12/42	78
MOORE CA	7	0,0298/21	0,3865/26	15/32	79
VALENCIA-PRADO M	5	0,0180/24	0,3854/28	12/45	97
POLEN KN	6	0,0012/48	0,4023/19	13/37	104
OSTER AM	5	0,0074/36	0,3942/23	11/49	108
LANCIOTTI RS	7	0,0121/32	0,3424/50	7/30	112
ELLINGTON SR	6	0,0007/54	0,4107/17	12/44	115
RYFF KR	5	0,0102/35	0,3179/74	21/12	121
PETERSEN LR	13	0,0178/27	0,3865/27	7/67	121
SIMEONE RM	5	0,0068/37	0,3833/29	9/59	125
JOHANSSON MA	5	0,0116/34	0,3822/30	7/68	132
RENQUIST CM	5	0,0010/51	0,3801/32	11/51	134
HENNESSEY M	6	0,0030/45	0,3520/42	10/57	144
SHARP TM	7	0,0019/47	0,3157/79	15/33	159
RIVERA A	5	0,0044/42	0,3136/83	15/34	159
PASTULA DM	8	0,0430/17	0,3108/86	10/58	161
KUEHNERT MJ	6	0,0172/28	0,3209/73	6/92	193

Nota: Caso haja empate no valor do Escore, considerar: 1ª - maior *degree*; 2ª - maior número de publicações.

A coautoria com pesquisadores brasileiros se deu pela parceria com [Albert Icksang Ko \(KO AI\)](#), da Yale School of Public Health (Estados Unidos) e também pesquisador colaborador do Instituto Gonçalo Moniz da Fundação Oswaldo Cruz – IGM/Fiocruz (Salvador/Brasil).

A sub-rede 1 é a que tem o maior número de pesquisadores brasileiros ranqueados. Eles se distribuem em grupos de pesquisas ligados a duas capitais centrais à epidemia, Salvador e Recife, ambas no Nordeste do país e com a presença de centros de pesquisas da Fiocruz, a citar: IGM, na Bahia, e Instituto Aggeu Magalhães (IAM), em Pernambuco.

[Guilherme de Sousa Ribeiro \(RIBEIRO GS\)](#), do IGM/Fiocruz, é o pesquisador brasileiro de melhor posição no *ranking* dos mais influentes. Observando melhor a Figura 3, vê-se que ele é ponte entre diversos grupos de nós importantes, o que também explica seu alto valor de *betweenness*. Esses

**Tabela 7**

*Ranking* dos pesquisadores mais influentes na sub-rede 3 com base nas métricas de Freeman, em que também estão contempladas as categorias de cores baseadas no número de publicações (Tabela 3).

Pesquisador	Publicações	<i>Betweenness/Rank</i>	<i>Closeness/Rank</i>	<i>Degree/Rank</i>	Score
CAO-LORMEAU VM	16	0,4071/2	0,3968/3	26/1	6
MUSSO D	33	0,3281/3	0,4291/1	24/2	6
LEPARC-GOFFART I	20	0,4585/1	0,3448/10	21/3	14
DESPRES P	7	0,1825/5	0,3571/7	15/6	18
MALLET HP	8	0,1616/6	0,3921/4	13/20	30
SIMON-LORIERE E	5	0,0997/8	0,3154/19	21/4	31
TEISSIER A	8	0,0990/9	0,4032/2	11/21	32
SAKUNTABHAI A	5	0,0809/10	0,3144/20	20/5	35
GAREL C	5	0,0801/11	0,3472/9	9/24	44
ROCHE C	6	0,0067/23	0,3571/8	8/27	58
BESNARD M	5	0,0070/22	0,3205/17	9/25	64
BROULT J	5	0,0081/20	0,3355/14	7/38	72
DE LAMBALLERIE X	9	0,0028/26	0,2631/64	10/23	113
MAQUART M	9	0,0074/21	0,2680/53	6/44	118
BAUD D	11	0,0034/30	0,3048/37	5/56	123
VOUGA M	7	0,00007/34	0,3039/39	4/64	137
ROUSSET D	5	0,0587/13	0,2624/65	4/71	149

Nota: Caso haja empate no valor do Score, considerar: 1ª – maior *degree*; 2ª – maior número de publicações.

resultados se devem à sua parceria com a UT e com [Albert Ko](#), que rendeu a ele 7 publicações em coautoria com [Scott Weaver](#) e [Nikos Vasilakis](#), [Gúbio Soares Campos \(CAMPOS GS\)](#) (Universidade Federal da Bahia – UFBA), [Bruno de Paula Freitas \(DE PAULA FREITAS\)](#) (Hospital Geral Roberto Santos – HGRS), [Mittermayer Galvão Reis \(REIS MG\)](#) e Federico Costa (IGM/Fiocruz), que publicou 4 vezes sobre ZIKV.

Próximo a esse grupo, tem-se também o grupo de 7 nós a que pertence [Gúbio Soares](#) (UFBA), que é ponte entre esse grupo e o de [Guilherme Ribeiro](#). Com 7 publicações, [Gúbio](#) possui uma rede de coautoria com [Silvia Sardi \(SARDI SI\)](#) (UFBA), [Antonio C. Bandeira \(BANDEIRA AC\)](#) (Hospital Santa Helena, Camaçari/Bahia), [Guilherme Ribeiro](#) e outros pesquisadores do IGM, além de parcerias com Charles Y. Chiu e Samia Naccache (2 publicações), da University of California (Estados Unidos).

Em outro grupo articulado por brasileiros, encontram-se [Rubens Belfort Jr. \(BELFORT R JR\)](#) e [Maurício Maia \(MAIA M\)](#), ambos do Departamento de Oftalmologia e Ciências Visuais da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), com 9 e 7 publicações, respectivamente, sobre estudos voltados para distúrbios da visão em crianças com microcefalia. Ambos também pontuaram bem no *ranking* de Freeman e PageRank, algo que se traduz nas parcerias em coautorias que desenvolveram com os pesquisadores de Recife e Salvador. Fazem parte dessa parceria [Vanessa Van Der Linden \(VAN DER LINDEN V\)](#), do Hospital Barão de Lucena – HBL (Recife), [Regina Coeli Ferreira Ramos \(RAMOS RC\)](#), da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, [Camila Ventura \(VENTURA CV\)](#), da UNIFESP, [Bruno Freitas](#), do HGRS, [Liana Maria Vieira de Oliveira Ventura \(VENTURA LO\)](#), coordenadora do Departamento de Oftalmologia Pediátrica e Estrabismo do Hospital de Olhos de Pernambuco, e [Albert Ko](#), do IGM/Fiocruz.

Ainda nesse grupo mais articulado por brasileiros, destacam-se [Vanessa Van Der Linden](#), do HBL, com 8 publicações, e [Regina Ramos](#), da UFPE, com 9 publicações. Ambas possuem altos valores de *betweenness* e PageRank, algo que indica suas conexões com nós importantes (explicados no parágrafo anterior) e sua atuação como mediadoras entre outros nós de pesquisadores que estão mais isolados na rede. [Camila Ventura](#), da UNIFESP, com 10 publicações, [Marli T. Cordeiro \(CORDEIRO MT\)](#), do IAM/Fiocruz, com 9 publicações, [Maria Ângela Wanderley Rocha \(ROCHA MA\)](#), do Hospital

Tabela 8

Ranking comparativo da sub-rede 1, que inclui a posição no PageRank (PPR) e a posição no ranking de Freeman (PRF) dos pesquisadores, além de contemplar as categorias de cores baseadas no número de publicações (Tabela 3).

Pesquisador	PageRank	PPR	PRF	Pesquisador	PageRank	PPR	PRF
WEAVER SC	0,0165	1	2	ZHAO H	0,0072	28	8
VASILAKIS N	0,0148	2	3	SHI PY	0,0071	29	6
DIAMOND MS	0,0135	3	15	LI XF	0,0071	30	11
QIN CF	0,0130	4	1	GOVERO J	0,0070	31	
<u>VAN DER LINDEN V</u>	0,0113	5	34	MARTELLI CM	0,0068	32	
RAMOS RC	0,0107	6	35	LI J	0,0065	35	23
LI Y	0,0106	7	33	GARCIA-BLANCO MA	0,0058	42	20
LIU X	0,0096	8	5	CAMPOS GS	0,0057	43	28
YE Q	0,0096	9	7	YANG H	0,0056	44	36
TESH RB	0,0095	10	12	LI C	0,0056	45	14
KO AI	0,0095	11	10	SONG H	0,0056	46	25
<u>VENTURA CV</u>	0,0092	12	37	LI D	0,0055	49	26
DENG YQ	0,0089	13	4	REIS MG	0,0054	51	
ZHANG S	0,0087	14	16	XIE X	0,0053	52	22
BELFORT R JR	0,0086	15	17	VENTURA LO	0,0052	54	
MAIA M	0,0086	16	18	SALL AA	0,0051	56	30
FERNANDEZ E	0,0084	17	19	DIALLO M	0,0051	57	31
QIAN X	0,0081	18	32	WANG Z	0,0051	59	45
GAO GF	0,0081	19	9	LIU ZY	0,0051	62	21
<u>CORDEIRO MT</u>	0,0079	20	43	ROSSI SL	0,0050	67	29
RIBEIRO GS	0,0077	21	13	SHAN C	0,0046	80	24
ROCHA MA	0,0075	22	41	FAYE O	0,0045	88	
<u>RODRIGUES LC</u>	0,0075	23	44	DIALLO D	0,0045	90	
OGDEN SC	0,0074	24	38	BANDEIRA AC	0,0045	92	
HAMMACK C	0,0074	25	39	SARDI SI	0,0045	95	
DOWD KA	0,0072	26	40	<b>DE PAULA FREITAS B</b>			46
PIERSON TC	0,0072	27	42	JIANG T			27

Nota: este ranking também inclui 2 pesquisadores que não pontuaram no PageRank (em **negrito**), 8 que não aparecem no ranking de Freeman (em *itálico*) e os 15 pesquisadores (sublinhados) que são influentes, porém menos centrais segundo o ranking de Freeman.

Universitário Oswaldo Cruz (Recife), com 7 publicações, **Bruno Freitas**, do HGRS, com 5 publicações e **Laura Cunha Rodrigues (RODRIGUES LC)**, da London School of Hygiene & Tropical Medicine – LSHTM (Reino Unido), com 11 publicações, completam o quadro de pesquisadores influentes na sub-rede 1, a maioria dos quais não pontuou na métrica *closeness*, indicando que esse grupo tem uma posição mais isolada na rede (conforme pontuado na seção *Ranking das Métricas de Freeman*).

Interessante notar que a maioria desses pesquisadores está ligada ao Microcephaly Epidemic Research Group – MERG, coordenado pela Dra. **Celina Maria Turchi Martelli (MARTELLI CM)**, que não aparece no ranking de Freeman, mas pontuou bem na métrica PageRank. Esse grupo de pesquisa pertence ao IAM/Fiocruz, e trabalha em parceria com diversas instituições nacionais e internacionais, incluindo a Universidade de Pernambuco – UPE, UFPE, Secretaria de Saúde do Estado de Pernambuco – SES-PE, LSHTM (Reino Unido), University of Pittsburgh (Estados Unidos), Fundação Altino Ventura – FAV, Associação de Assistência à Criança Deficiente – AACD, e Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira – IMIP.

Entre muitos artigos produzidos entre 2015 e 2016, um foi bastante especial. Esse grupo publicou, em junho de 2016, o artigo intitulado *Microcephaly in Infants, Pernambuco State, Brazil, 2015*<sup>24</sup>, de grande importância no cenário internacional, pois relata a primeira pesquisa que confirmou em

**Tabela 9**

*Ranking* comparativo da sub-rede 2, que inclui a posição no PageRank (PPR) e a posição no *ranking* de Freeman (PRF) dos pesquisadores, além de contemplar as categorias de cores baseadas no número de publicações (Tabela 3).

Pesquisador	PageRank	PPR	PRF	Pesquisador	PageRank	PPR	PRF
JAMIESON DJ	0,0284	1	1	MOORE CA	0,0108	18	19
ODUYEBO T	0,0236	2	2	VILLANUEVA J	0,0098	22	17
HONEIN MA	0,0236	3	3	SHARP TM	0,0096	23	31
FISCHER M	0,0208	4	5	RIVERA A	0,0095	24	32
POWERS AM	0,0190	5	4	PASTULA DM	0,0087	28	33
PETERSEN EE	0,0190	6	7	POLEN KN	0,0082	29	21
RIVERA-GARCIA B	0,0175	7	8	LANCIOTTI RS	0,0078	34	23
MEANEY-DELMAN D	0,0171	8	6	OSTER AM	0,0078	40	22
RASMUSSEN SA	0,0158	9	11	VALENCIA-PRADO M	0,0076	41	20
STAPLES JE	0,0155	10	10	SHAPIRO-MENDOZA CK	0,0076	43	18
MUNOZ-JORDAN J	0,0151	11	12	ELLINGTON SR	0,0075	46	24
RYFF KR	0,0132	12	25	HENNESSEY M	0,0073	48	30
RUSSELL K	0,0129	13	13	RENQUIST CM	0,0072	50	29
HILLS SL	0,0127	14	10	KUEHNERT MJ	0,0070	53	34
MEAD P	0,0122	15	15	SIMEONE RM	0,0063	72	27
PEREZ-PADILLA J	0,0110	16	14	JOHANSSON MA	0,0055	87	28
BROOKS JT	0,0108	17	16	PETERSEN LR	0,0054	88	26

**Tabela 10**

*Ranking* comparativo da sub-rede 3, que inclui a posição no PageRank (PPR) e a posição no *ranking* de Freeman (PRF) dos pesquisadores, além de contemplar as categorias de cores baseadas no número de publicações (Tabela 3).

Pesquisador	PageRank	PPR	PRF	Pesquisador	PageRank	PPR	PRF
MUSSO D	0,0397	1	2	GAREL C	0,0132	10	9
LEPARC-GOFFART I	0,0364	2	3	BESNARD M	0,0132	12	11
CAO-LORMEAU VM	0,0257	3	1	MAQUART M	0,0113	28	14
DESPRES P	0,0215	4	4	ROCHE C	0,0113	29	10
SIMON-LORIERE E	0,0184	5	6	BROULT J	0,0111	30	12
DE LAMBALLERIE X	0,0182	6	13	BAUD D	0,0102	36	15
MALLET HP	0,0179	7	5	ROUSSET D	0,0092	46	17
SAKUNTABHAI A	0,0171	8	8	VOUGA M	0,0083	59	16
TEISSIER A	0,0162	9	7	PANCHAUD A	0,0064	75	

Nota: este *ranking* também inclui 1 pesquisador que não aparece no *ranking* de Freeman (em *italico*).

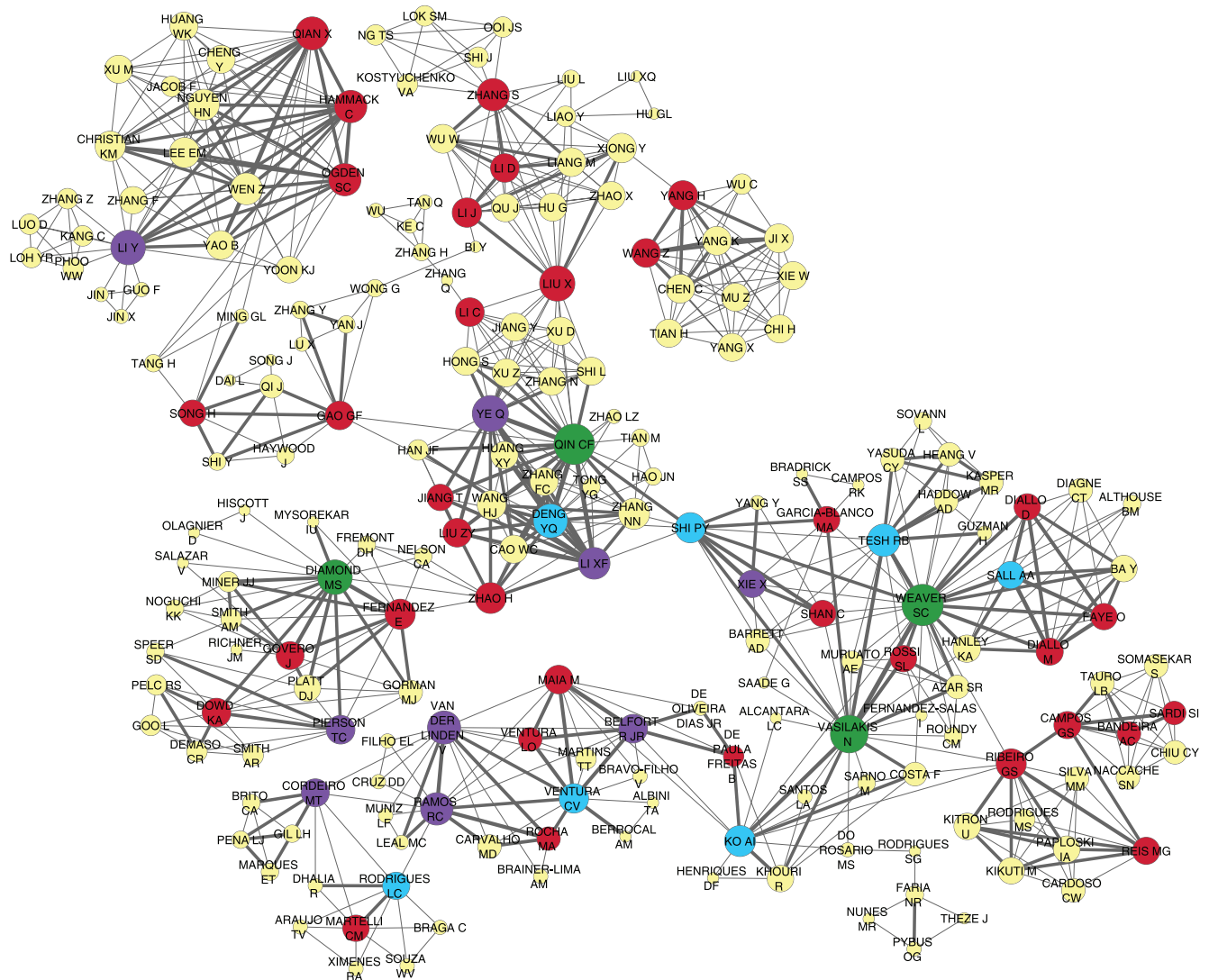
um estudo de caso-controle que a epidemia de microcefalia foi resultante da infecção congênita pelo ZIKV.

Na mídia, entretanto, a autoria dessa associação é dada ao CDC que, em abril de 2016, teve publicada uma nota na imprensa declarando que “[they] ...have concluded, after careful review of existing evidence, that Zika virus is a cause of microcephaly and other severe fetal brain defects. In the report published in the New England Journal of Medicine, the CDC authors describe a rigorous weighing of evidence using established scientific criteria”<sup>25</sup>.

O trabalho do MERG teve o reconhecimento da revista *Nature*, uma das publicações científicas de maior prestígio do mundo, que elegeu a Dra. *Celina Turchi Martelli* um dos dez nomes de maior destaque na ciência, em 2016.

**Figura 3**

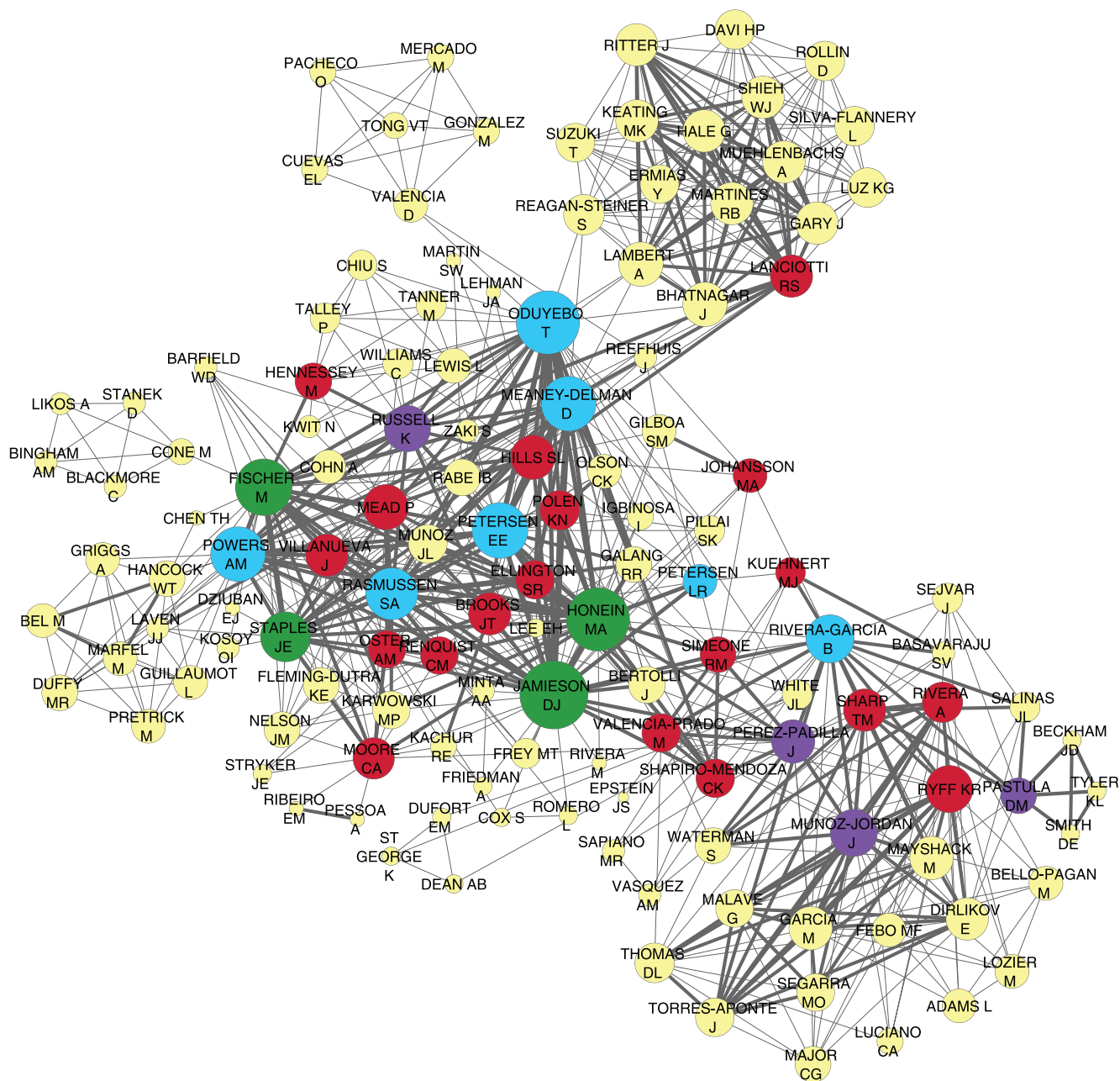
Grafo de colaboração da sub-rede 1 em que estão destacados os pesquisadores mais influentes desse *cluster* conforme as categorias de cores definidas na Tabela 3.



Ao analisar a sub-rede 1, portanto, podem-se verificar claramente as lideranças da China e dos Estados Unidos nas pesquisas de ponta em Zika. Apesar de o Brasil ter sido palco da pior epidemia de microcefalia com ocorrência de complicações neurológicas em recém-nascidos, e ter uma produção científica expressiva em Zika, pesquisadores brasileiros não aparecem em nenhuma posição de destaque.

**Figura 4**

Grafo de colaboração da sub-rede 2 em que estão destacados os pesquisadores mais influentes desse *cluster* conforme as categorias de cores definidas na Tabela 3.



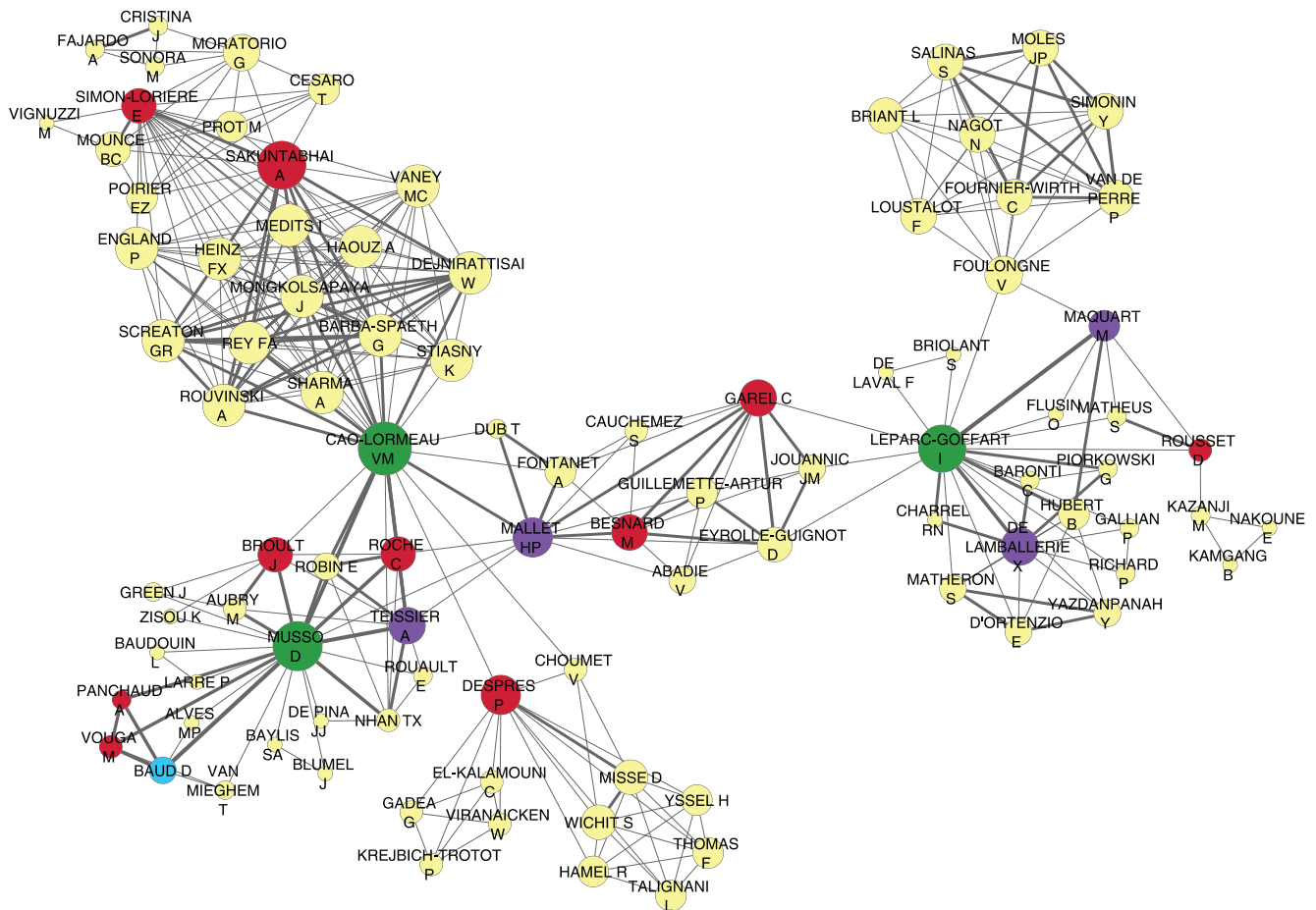
- **A sub-rede 2**

Os pesquisadores mais influentes nesta sub-rede, com base nas métricas de centralidade, pertencem exclusivamente ao CDC. **Denise Jamieson**, **Titilope Oduyebo (ODUYEBO T)** e **Margareth Honein** são as três mais influentes nesses rankings e pertencem ao mesmo grupo de pesquisa – The Pregnancy



**Figura 5**

Grafo de colaboração da sub-rede 3 em que estão destacados os pesquisadores mais influentes desse *cluster* conforme as categorias de cores definidas na Tabela 3.



and Birth Defects Task Force for CDC Zika Virus Response –, com grande produtividade científica sobre o tema.

Observa-se o estudo da epidemia de Zika em Porto Rico por essa rede, mais uma vez, caracterizando a formação das sub-redes mediante as relações geopolíticas e institucionais.

Os grupos de coautoria são bem intercambiáveis. Pelos primeiros autores mais influentes, identificam-se algumas coautorias:

- Denise Jamieson, Sonja A. Rasmussen (RASMUSSEN AS), Margareth Honein, Lyle R. Petersen (PETERSEN LR), Erin Staples, Mark Fisher.
- Titilope Oduyebo, Mark Fischer, Emily E. Petersen (PETERSEN EE), Carrie K. Shapiro-Mendoza (SHAPIRO-MENDOZA CK), Denise Jamieson, Margareth Honein, Dana Meaney-Delman (MEANEY-DELMAN D).
- Mark Fischer, Erin Staples, Cynthia Moore (MOORE CA), Paul Mead (MEAD P), Margareth Honein, Sonja Rasmussen.
- Brenda Rivera-Garcia (RIVERA-GARCIA B), Regina M. Simeone (SIMEONE RM), Carrie Shapiro-Mendoza, Denise Jamieson, Miguel Valencia Prado (VALENCIA-PRADO M), Janice Perez-Padilha

(PEREZ-PADILLA J), Sascha R. Ellington (ELLINGTON SR), na produção científica sobre Zika em Porto Rico.

- Tyler M. Sharp (SHARP TM), Aidsa Rivera (RIVERA A), Brenda Rivera-Garcia, também na produção científica sobre Zika em Porto Rico.

- Mark Fisher, Paul Mead, Morgan Hennessey (HENNESSEY M), Kate Russel (RUSSEL K), Susan L. Hills (HILLS SL).

- Titilope Oduyebo, Robert Lanciotti (LANCIOTTI RS), Amy Lambert, Julu Bhatnagar e Kleber Giovanni Luz. Esse grupo de coautores é composto por um pesquisador da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, outro estado brasileiro que, como Bahia e Pernambuco, também viveu essa epidemia. Kleber Luz aparece na sub-rede 2 como coautor, registrando os primeiros casos de microcefalia naquele estado <sup>26</sup>. Esse pesquisador, contudo, não aparece entre os mais influentes.

Em comparação com a sub-rede 1, esse *cluster* é o mais denso e com maior correlação entre as quatro métricas de centralidade estudadas.

### • A sub-rede 3

Este *cluster* é composto principalmente por autores pertencentes ao Institut Pasteur (Paris/França), Institut Pasteur (Guiana Francesa), ILM (Taiti), Aix-Marseille Université – AMU (Marselha), NRCA-IRBA (Marselha), e École de Pharmacie Genève-Lausanne, Université de Genève (Genebra/Suíça).

Conforme as Tabelas 7 e 10, os nós principais são Didier Musso e Cao-Lormeau, do ILM (Taiti) e Isabelle Leparç-Goffart, do NRCA-IRBA (Marselha). Esses três autores começaram a publicar sobre Zika no ano de 2014, quando ocorreu o surto na Polinésia Francesa <sup>27</sup>.

Podem ser observados, nessa sub-rede, dois grupos distintos: um liderado por Didier Musso e Cao-Lormeau e outro por Leparç-Goffart.

O grupo de coautoria mais forte nessa sub-rede é ligado a Didier Musso e Cao-Lormeau, com forte participação de Anita Teissier (TEISSIER A), também do ILM, e Henry-Pierre Mallet (MALLET HP), do Ministério da Saúde da Polinésia Francesa.

Leparç-Goffart tem forte ligação em coautorias com Xavier de Lamballerie (DE LAMBALLERIE X), da AMU e Marianne Maquart (MAQUART M), do NRCA-IRBA. Dominique Rousset (ROUSSET D), do Institut Pasteur (Guiana Francesa), também aparece como coautora ligada a Leparç-Goffart, porém com uma ligação mais fraca.

Nessa sub-rede, Marianne Besnard (BESNARD M) (Hôpital Du Taone, Taiti) e Catherine Garel (GAREL C) (Hôpital Armand Trousseau, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris, Université Pierre et Marie Curie, Paris) são importantes nós que ligam o grupo de Leparç-Goffart com o grupo de Didier Musso e Cao-Lormeau.

Três autores de instituições da Suíça, Alice Panchaud (PANCHAUD A), de Genebra, e David Baud (BAUD D) e Manon Vouga (VOUGA M), de Lausana, são ligados a Didier Musso.

## Considerações finais

Este estudo buscou identificar os principais grupos de pesquisa em Zika, bem como os pesquisadores com maior produção bibliográfica e de maior prestígio/reputação acadêmica no assunto. Para isso, analisaram-se as interações científicas na RSC da doença em três níveis: global, local e individual.

Na análise global, apresentou-se uma visão macro deste campo de estudo por meio dos indicadores bibliométricos extraídos. Esta análise mostrou que, comparada a outros estudos realizados na base do PubMed/MEDLINE de diversos temas da Biomedicina, a colaboração e a produção bibliográfica de pesquisadores em Zika é menor em relação a outros temas da saúde pública, refletindo a pouca importância atribuída ao ZIKV no cenário internacional até a ocorrência das recentes epidemias <sup>22</sup>.

Na análise local, foram identificados os 3 principais *clusters* de pesquisadores da RSC, com 208, 133 e 96 nós, respectivamente, e no qual se encontram os grupos de pesquisa mais importantes da área.

Na análise individual, foram identificados os 106 pesquisadores mais influentes – em termos de atividade e colaboração – em pesquisas sobre o ZIKV.

A observação desses nomes e grupos de pesquisa confirmou que trata-se de pesquisadores que estão conduzindo avanços significativos relacionados ao vírus, exercendo lideranças em renomadas instituições de pesquisa e coordenando esforços conjuntos entre diferentes institutos e grupos de pesquisa, favorecendo o intercâmbio de conhecimento.

Foi verificado também que, de um modo geral, os pesquisadores com mais publicações figuram entre os mais influentes em suas respectivas sub-redes. Nesse sentido, é interessante notar que muitos desses casos (pesquisadores de alta influência e produtividade) se referem a nomes que integram núcleos de pesquisa bem definidos e de forte referência geopolítica e institucional, responsáveis por avanços consideráveis em estudos sobre o ZIKV. Esses resultados se mostram expressivos ao se analisar quem são os pesquisadores da Tabela 4, que mostra os 11 mais produtivos nas 3 sub-redes.

Os dados deste estudo sinalizam que a influência de um pesquisador nas RSC da Zika basicamente é motivada por três fatores: (a) se seus esforços se traduzem na forma de resultados corroborados por suas publicações (produtividade); (b) se suas publicações são fruto de parcerias entre diferentes grupos de pesquisa, favorecendo o intercâmbio de conhecimento; e (c) a quantidade de vínculos estabelecidos, mais especificamente com grupos/pesquisadores que são/foram pioneiros na busca de respostas para resolver o problema <sup>28</sup>.

Embora pesquisadores brasileiros tenham tido papel relevante na identificação dos danos neurológicos relacionados à Zika congênita e na investigação subsequente, as redes de pesquisa brasileiras não figuram com destaque nas análises efetuadas.

É importante frisar que até o momento ainda não foram publicados – em nível nacional ou internacional – mapeamentos ou estudos acerca de como as interações científicas sobre a doença ocorreram (estudando em profundidade a RSC da Zika). Este trabalho torna-se, portanto, pioneiro no assunto, sendo um elemento importante para o estudo da evolução da pesquisa desenvolvida em Zika. Além disso, a metodologia utilizada pode ser aplicada para o estudo de qualquer área da Ciência.

Os resultados apresentados podem ser utilizados para compreender e melhorar a colaboração científica entre grupos de pesquisa do ZIKV.

Como trabalhos futuros, continuar-se-á esta pesquisa pela análise do impacto e do reconhecimento social dos pesquisadores e suas descobertas por intermédio de métricas alternativas (*altmetrics* <sup>13</sup>).

## Colaboradores

L. F. M. P. Maia foi o responsável principal pela concepção e projeto do trabalho; criação da arquitetura computacional; captura e tratamento dos dados; análise e interpretação dos dados, além de ser o autor principal, responsável pela escrita da maior parte do texto. M. Lenzi foi responsável pela contextualização da doença; escrita; validação qualitativa, garantindo assim a precisão e integridade dos resultados obtidos. E. T. Rabello contribuiu com a revisão do artigo e análise qualitativa dos dados. J. Oliveira participou da concepção do trabalho; definição da metodologia; e revisão final.

## Agradecimentos

Agradecimentos ao Prof. Kenneth Camargo Jr. (Universidade do Estado do Rio de Janeiro), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), à Rede Zika Ciências Sociais (Fio-cruz) e à ZIKAlliance. Esta pesquisa foi parcialmente financiada pelo European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme, ZIKAlliance Grant Agreement nº 734548 e pelo CNPq.

## Informações adicionais

ORCID: Luis Fernando Monsoreos Passos Maia (0000-0002-1475-276X); Marcia Lenzi (0000-0002-0610-4973); Elaine Teixeira Rabello (0000-0002-8324-1453); Jonice Oliveira (0000-0002-2495-1463).

## Referências

- Hayes EB. Zika virus outside Africa. *Emerg Infect Dis* 2009; 15:1347-50.
- Lanciotti RS, Kosoy OL, Laven JJ, Velez JO, Lambert AJ, Johnson AJ, et al. Genetic and serologic properties of Zika virus associated with an epidemic, Yap State, Micronesia, 2007. *Emerg Infect Dis* 2008; 14:1232-9.
- Musso D, Nilles EJ, Cao-Lormeau V-M. Rapid spread of emerging Zika virus in the Pacific area. *Clin Microbiol Infect* 2014; 20:O595-6.
- Lessler J, Chaisson LH, Kucirka LM, Bi Q, Grantz K, Salje H, et al. Assessing the global threat from Zika virus. *Science* 2016; 353:aaf8160.
- Massad E, Burattini MN, Khan K, Struchiner CJ, Coutinho FAB, Wilder-Smith A. On the origin and timing of Zika virus introduction in Brazil. *Epidemiol Infect* 2017; 145:2303-12.
- Luz KG, Santos GIV, Vieira RM. Zika virus fever. *Epidemiol Serv Saúde* 2015; 24:785-8.
- Campos GS, Bandeira AC, Sardi SI. Zika virus outbreak, Bahia, Brazil. *Emerg Infect Dis* 2015; 21:1885-6.
- Oliveira CS, Vasconcelos PFC. Microcephaly and Zika virus. *J Pediatr (Rio J)* 2016; 92:103-5.
- Bollen J, van de Sompel H, Hagberg A, Chute R. A principal component analysis of 39 scientific impact measures. *PLoS One* 2009; 4:e6022.
- PLoS Medicine Editors. The impact factor game. *PLoS Med* 2006; 3:e291.
- Albuquerque RP, Oliveira J, Faria FF, Monclar R, Souza JM. Studying group dynamics through social networks analysis in a medical community. *Soc Netw* 2014; 3:134-41.
- Morel CM, Serruya SJ, Penna GO, Guimarães R. Co-authorship network analysis: a powerful tool for strategic planning of research, development and capacity building programs on neglected diseases. *PLoS Negl Trop Dis* 2009; 3:e501.
- Maia LFMP, Oliveira J. Investigation of research impacts on the Zika virus. An approach focusing on social network analysis and altmetrics. In: *WebMedia '17. Proceedings of the 23rd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*. Gramado: ACM Publications; 2017. p. 413-6.
- Barabási A-L, Pósfai M. *Network science*. Cambridge: Cambridge University Press; 2016.
- Newman ME. The structure of scientific collaboration networks. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2001; 98:404-9.
- Freeman LC. Centrality in social networks conceptual clarification. *Soc Netw* 1978; 1:215-39.
- Yan E, Ding Y. Applying centrality measures to impact analysis: a coauthorship network analysis. *J Assoc Inf Sci Technol* 2009; 60:2107-18.
- Page L. Method for node ranking in a linked database. United States patent US 6,285,999. 2001 sep.
- Liu X, Bollen J, Nelson ML, van de Sompel H. Co-authorship networks in the digital library research community. *Inf Process Manag* 2005; 41:1462-80.
- Wasserman S, Faust K. *Social network analysis: methods and applications*. v. 8. Cambridge: Cambridge University Press; 1994.
- Maia LFMP, Yagui MMM. Triplificação de dados de notícias sobre a Zika. In: *Proceedings of the XIII Brazilian Symposium on Information Systems*. Lavras: Sociedade Brasileira de Computação; 2017. p. 40-7.
- Martins MFM. Análise bibliométrica de artigos científicos sobre o vírus Zika. *RECIIS (Online)* 2016; 10(1). <https://www.reciis.icict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/view/1096>.
- Duffy MR, Chen T-H, Hancock WT, Powers AM, Kool JL, Lanciotti RS, et al. Zika virus outbreak on Yap Island, Federated States of Micronesia. *N Engl J Med* 2009; 360:2536-43.
- Microcephaly Epidemic Research Group. Microcephaly in infants, Pernambuco State, Brazil, 2015. *Emerg Infect Dis* 2016; 22:1090-3.
- Centers for Disease Control and Prevention. CDC concludes Zika causes microcephaly and other birth defects. <https://www.cdc.gov/media/releases/2016/s0413-zika-microcephaly.html> (acessado em 14/Nov/2016).
- Martines RB, Bhatnagar J, de Oliveira Ramos AM, Davi HP, Iglezias SD, Kanamura CT, et al. Pathology of congenital Zika syndrome in Brazil: a case series. *Lancet* 2016; 388:898-904.
- Cao-Lormeau V-M, Roche C, Teissier A, Robin E, Berry A-L, Mallet H-P, et al. Zika virus, French polynesia, South pacific, 2013. *Emerg Infect Dis* 2014; 20:1085-6.
- Maia LFMP, Oliveira J, Rabello ET, Lenzi M, Camargo Jr. KR. Scientific collaborations in Zika: identifying the main research groups through Social Scientific Network analysis. In: *Proceedings of the International Symposium on Zika Virus Research*. Marseille: ZIKAlliance; 2018. p. 101.

## Abstract

The association between Zika and microcephaly drew international attention to Brazil. The emergency situation demanded speed and collective effort by researchers worldwide, and science was quick to investigate the disease and publish the results. Scientific knowledge was created and disseminated through collaboration in this process. Publications are still the best way of disseminating scientific knowledge. They allow to record progress in a field of studies and observe how scientists collaborate to produce advances as new knowledge and technologies are generated. An effective way to map such advances is to analyze scientists' social networks (relationship and collaboration networks), since collaboration is currently an intrinsic characteristic of modern science. Co-authorship of publications is thus an important indicator of scientific collaboration for understanding progress in various areas of science. The current study aimed to use a generalizable method for mapping and analyzing the Scientific Social Network formed in the domain of Zika, demonstrating how scientists collaborated to produce the main research results, identifying the leading research groups on Zika and the most influential researchers. Social Network Analysis was applied to the co-authorship networks formed from 2015 to 2016. The study showed that a Zika researcher's influence is basically determined by three factors: (a) number of publications; (b) diversified partnerships; and (c) the links established with the research area's pioneers.

Zika Virus; Authorship and Co-authorship in Scientific Publications; Social Networking; Cooperative Behavior

## Resumen

Debido a la asociación entre el Zika y la microcefalia, Brasil, como país, llamó la atención sobre este campo de estudio. La situación de emergencia ocasionada exigió rapidez y un esfuerzo colectivo de los investigadores de todo el mundo, asimismo, la ciencia se apresuró en ofrecer investigaciones y la publicación de resultados sobre este tema. Debido a las interacciones surgidas, se creó y diseminó conocimiento científico. Las publicaciones hoy en día todavía son la mejor forma de divulgar conocimiento científico. Gracias a ellas, es posible registrar los progresos realizados en un campo de estudio y observar cómo los científicos colaboran entre sí para llevar a cabo avances, a medida que se generan nuevos conocimientos y tecnologías. Un modo eficaz de mapear estos avances es analizar las redes sociales (redes de relaciones y colaboración) de los científicos, ya que actualmente la colaboración constituye una característica intrínseca de la ciencia moderna. De este modo, la coautoría en publicaciones se presenta como un importante indicador de la colaboración científica en la comprensión de los progresos realizados en diversas áreas de la ciencia. El objetivo de este trabajo, como método generalizable, es mapear y analizar la Red Social Científica, formada en el campo de Zika, mostrando cómo los científicos colaboraron entre sí para llevar a cabo los principales avances en investigación, identificando los principales grupos de investigación sobre Zika, además de a los investigadores más influyentes. Para ello, se utilizaron técnicas de Análisis de Redes Sociales, en redes de coautoría formadas entre los años de 2015 y 2016. Los datos de este estudio señalan que la influencia de un investigador en Zika está básicamente motivada por tres factores: (a) cantidad de publicaciones; (b) colaboraciones diversificadas; y (c) vínculos establecidos con los pioneros del área.

Virus Zika; Autoría y Coautoría en la Publicación Científica; Red Social; Conducta Cooperativa

---

Recebido em 26/Dez/2017  
Versão final reapresentada em 06/Ago/2018  
Aprovado em 17/Ago/2018