

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
MESTRADO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

MAICON NACHTIGALL SILVEIRA

**ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE INDICADORES DE PRODUÇÃO E
FORMAÇÃO CIENTÍFICA COM *Caenorhabditis elegans* NO BRASIL**

Uruguiana

2021

MAICON NACHTIGALL SILVEIRA

**ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE INDICADORES DE PRODUÇÃO E
FORMAÇÃO CIENTÍFICA COM *Caenorhabditis elegans* NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em educação em ciências: Química da vida e saúde da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências.

Orientador: Dr. Daniel Henrique Roos

Coorientador: Dr. Robson Luiz Puntel

Uruguaiana

2021

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

S587a Silveira, Maicon Nachtigall

Análise qualitativa e quantitativa de indicadores de produção e formação científica com *Caenorhabditis elegans* no brasil / Maicon Nachtigall Silveira.

67 p.

Dissertação (Mestrado)-- Universidade Federal do Pampa, MESTRADO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE, 2021.

"Orientação: Daniel Henrique Roos".

1. bibliometria. 2. cientometria. 3. caenorhabditis elegans. I. Título.

MAICON NACHTIGALL SILVEIRA

ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE INDICADORES DE PRODUÇÃO E FORMAÇÃO
CIENTÍFICA COM O ORGANISMO MODELO CAENORHABDITIS ELEGANS NO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências.

Dissertação defendida e aprovada em: 01, Outubro de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Daniel Henrique Roos

Orientador

(UNIPAMPA)

Prof. (Dra). (Luciana Calabro)
(UFRGS)

Prof. (Dr). (Thiago Henrique LugoKenski)
(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **DANIEL HENRIQUE ROOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/11/2021, às 15:12, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **THIAGO HENRIQUE LUGOKENSKI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/11/2021, às 17:53, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Luciana Calabro, Usuário Externo**, em 11/11/2021, às 16:36, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0661638** e o código CRC **A1E94B75**.

Dedico esta dissertação a minha família, amigos e colegas que sempre foram fontes de inspiração, incentivo, suporte e compreensão durante este período.

RESUMO

A utilização de animais em pesquisas científicas é sempre um item de debate na sociedade atual. A imposição de dor, estresse e a própria morte durante os experimentos vem sendo questionada sob o argumento de ser antiético impor tais condições a animais sencientes. Outro argumento relevante está baseado no fato de modelos alternativos serem capazes de substituir a utilização desses animais em pesquisa. Muito embora a substituição de todos os modelos animais sem gerar prejuízo ao desenvolvimento científico da sociedade atual seja ainda impossível, o interesse por métodos alternativos vem crescendo dentro da própria comunidade científica. Assim, o uso de modelos alternativos, tais como *Caenorhabditis elegans*, apresenta uma solução inteligente a esse dilema e gera, atualmente, um novo fôlego para a ciência básica brasileira. Já que apresenta fácil cultivo em laboratório, curto ciclo de vida, reprodução por autofecundação, possibilidade de armazenamento por longos períodos, tamanho reduzido e corpo transparente. Entretanto, devido à baixa ocorrência de trabalhos científicos sobre o tema, o total escopo da implantação desse organismo modelo no Brasil ainda não é bem conhecido. Trabalhando na resolução desse problema o estudo proposto visou: a) Investigar, através de indicadores cientométricos indexados na plataforma SCOPUS, as características da produção científica, do impacto e da colaboração de pesquisas em *Caenorhabditis elegans* na ciência brasileira. b) Verificar o histórico de disseminação da produção científica desse organismo modelo no país. c) Visualizar o perfil dos pesquisadores brasileiros no assunto bem como seu impacto na formação de novos cientistas através de informações disponibilizadas na plataforma Lattes do CNPQ. Os dados de citações foram coletados da plataforma SCOPUS, os dados do Fator de Impacto dos periódicos do Journal Citation Reports. Os resultados mostraram que a produção brasileira no tema ainda é baixa, mas bem estabelecida e com possibilidade de ascensão. Embora os indicadores médios de visibilidade e relevância das pesquisas brasileiras ainda estejam em torno da metade dos de pesquisas internacionais, os grupos colaborativos estão em plena atividade mostrando forte internacionalização. Já o estudo do perfil dos pesquisadores demonstra atividade de pesquisadores de excelência nacional, indicando estabilidade e confiança na adesão do modelo pela comunidade científica brasileira.

Palavras-chave: cientometria; bibliometria; caenorhabditis elegans.

ABSTRACT

The animal use in scientific research is always an open debate in today's society. Inflict pain, stress and even death itself during the experiments has been questioned under the argument that it is unethical to submit sentient animals to such conditions. Another relevant argument is based on the fact that alternative models are able to replace these animals use in research. Although the total substitution of all animal models without prejudice to the scientific development of today's society is still impossible, interest in alternative methods has been growing within the scientific community. Thus, the use of alternative models, such *Caenorhabditis elegans*, presents an intelligent solution to this dilemma and currently generates a new impetus for basic Brazilian science. However, due to the low occurrence of scientific works on the subject, the full scope and implementation of these model organisms in Brazil is still not well known. Working on solving this problem, this study aimed to: a) To investigate, through scientometric indicators indexed using SCOPUS platform, the characteristics of scientific production, the impact and collaboration of research in *Caenorhabditis elegans* in Brazilian Science; b) To verify the history of dissemination of the scientific production of the model organisms in the country; c) View the profile of Brazilian researchers on the subject as well as their impact on the training of new scientists through information available on CNPq's Lattes platform. The citation data was collected from the SCOPUS platform, the Impact Factor data from the Journal of Citation Reports. The results showed that Brazilian production on the subject is still low, but well established and with growth possibility. Although the average indicators of visibility and relevance of Brazilian research are still around half of those of international research, collaborative groups are in full activity showing strong internationalization. The researchers profile study, on the other hand, demonstrates activity from researchers of national excellence, indicating stability and confidence in the acceptance of the model by the Brazilian scientific community.

Keywords: scientometric; bibliometric; caenorhabditis elegans.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Imagem de um <i>Caenorhabditis elegans</i> hermafrodita adulto	14
Figura 2 – Ciclo de vida de um <i>Caenorhabditis elegans</i>	15
Figura 3 – Diagrama de processo seguido na execução do trabalho	23
Figura 4 – Estrutura do banco de dados relacional deste trabalho	27
Figura 5 – Total de publicações encontradas	30
Figura 6 – Tipos de publicações encontradas	32
Figura 7 – Total de artigos encontrados	33
Figura 8 – Média de fatores de impacto	34
Figura 9 – Média total de fator de impacto e citações de artigos	35
Figura 10 – Nuvem de palavras	37
Figura 11 – Dendrograma das classes encontradas	38
Figura 12 – Plano cartesiano de relação entre classes	40
Figura 13 – Publicações de classes por ano	42
Figura 14 – Fator de impacto médio por classe	44
Figura 15 – Quantidade média de citações por classe	45
Figura 16 – Grupos colaborativos entre instituições brasileiras	46
Figura 17 – Cluster ou grupo colaborativo 1	47
Figura 18 – Cluster ou grupo colaborativo 2	48
Figura 19 – Cluster ou grupo colaborativo 3	49
Figura 20 – Cluster ou grupo colaborativo 4	51
Figura 21 – Cluster ou grupo colaborativo 5	52
Figura 22 – Cluster ou grupo colaborativo 6	53
Figura 23 – Cluster ou grupo colaborativo 7	54
Figura 24 – Grupos colaborativos classificados por ano	56
Figura 25 – Distribuição de bolsas PQ	58
Figura 26 – Orientações por ano	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da frequência de palavras	36
Tabela 2 – Classes encontradas por método de Reinert	39
Tabela 3 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 1	47
Tabela 4 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 2	48
Tabela 5 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 3	50
Tabela 6 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 4	51
Tabela 7 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 5	52
Tabela 8 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 6	53
Tabela 9 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 7	54
Tabela 10 – Natureza e relação de alunos de projetos	59

SUMÁRIO

SUMÁRIO	8
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUÇÃO	10
2 JUSTIFICATIVA.....	11
3 OBJETIVOS.....	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
4.1 <i>Caenorhabditis elegans</i>	13
4.1.1 <i>Características Gerais</i>	13
4.1.2 <i>Histórico</i>	15
4.1.3 <i>Histórico no Brasil</i>	16
4.1.4 <i>Caenorhabditis elegans Como Organismo Modelo</i>	16
4.1.5 <i>Perspectivas para o Organismo Modelo</i>	18
4.2 Bibliometria e Cientometria como Ferramentas para Mensurar o Desenvolvimento Científico	19
4.2.1 <i>Histórico</i>	19
4.2.2 <i>Cientometria</i>	19
4.2.3 <i>Ferramentas cientométricas atuais</i>	20
5 METODOLOGIA	22
5.1 Origem.....	24
5.1.1 <i>Base Scopus</i>	24
5.1.2 <i>Plataforma Lattes</i>	24
5.1.3 <i>Journal Citation Reports</i>	25
5.2 Seleção.....	25
5.3 Organização.....	25
5.4 Análise e Visualização de Dados	28
5.4.1 <i>Vosviewer</i>	29
5.4.2 <i>Iramuteq</i>	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6.1 Publicações.....	29
6.2 Pesquisadores	45
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

Na sociedade científica atual é possível identificar um crescente questionamento acerca da utilização de animais superiores (vertebrados) em pesquisas científicas, uma vez que esses animais são capazes de sentir dor, medo, ansiedade e estresse. Esse questionamento acaba impulsionado ainda mais pelo fato de modelos alternativos, utilizando animais inferiores (invertebrados), serem capazes de substituir a utilização desses animais em pesquisa (DOKE; DHAWALE, 2003; MORALES, 2008). Muito embora a substituição de todos os modelos animais superiores sem gerar prejuízo ao desenvolvimento científico da sociedade atual seja ainda impossível, o interesse por métodos alternativos vem crescendo dentro da própria comunidade científica (CAZARIN; CORRÊA; ZAMBRONE, 2004). Assim, o uso de organismos modelo alternativos, tais como *Caenorhabditis elegans*, apresenta uma solução inteligente a esse dilema e gera, atualmente, um novo fôlego para a ciência básica brasileira.

Com seu curto ciclo de vida, baixa necessidade de manutenção, facilidade de manuseio e baixo custo o organismo modelo *Caenorhabditis elegans* tomou espaço em vários laboratórios de pesquisa ao redor do mundo, tendo publicações científicas com o modelo um crescimento dramático de cento e quarenta e nove por cento em um curto período de tempo (DIETRICH; ANKENY; CHEN, 2014), auxiliando em trabalhos agraciados com três prêmios Nobel, dois deles em Fisiologia ou Medicina e um em Química (CORSI; WIGHTMAN; CHALFIE, 2015), o que o garantiu credibilidade e reconhecimento de toda a comunidade científica mundial. Porém o perfil da total abrangência de sua utilização ainda não é bem conhecido.

Então, na intenção de mensurar o total impacto da adoção do organismo modelo alternativo *Caenorhabditis elegans* no cenário científico brasileiro e mundial será necessária a utilização de princípios da cientometria, ou seja do estudo da mensuração e quantificação do progresso científico. A cientometria traz uma excelente solução para o problema da avaliação do desenvolvimento da ciência e apresenta também uma solução elegante para a quantificação de indicadores de qualidade e relevância em trabalhos científicos (SILVA; BIANCHI, 2001).

Devido a estrutura característica da pesquisa científica brasileira é possível utilizar a cientometria não somente para análise da geração do conhecimento mas também para o estudo da formação de novos pesquisadores pois, sabe-se que no

Brasil a grande maioria da pesquisa científica está atrelada à educação de ensino superior por meio da pós-graduação (KAMDEM *et al.*, 2016), dessa forma, a quantificação de formação de mestres e doutores bem como discentes de iniciação científica revela não só parâmetros educacionais de formação (ROOS *et al.*, 2014), mas também pode apontar o caminho do conhecimento científico da geração futura.

Outro aspecto interessante que a aplicação da cientometria na análise da adoção desse modelo alternativo traz é a possibilidade de verificar a abrangência de sua utilização em projetos de extensão, no qual pode ser investigado o impacto direto de determinada área científica tanto na sociedade, bem como na educação de ensino fundamental e básico.

Dentro desse contexto, o presente estudo, avaliou a atual conjuntura nacional da produção e qualidade científica de pesquisas com *Caenorhabditis elegans* e ainda relacionando essa produção científica a fatores educacionais de formação de ensino superior e pós-graduação no Brasil.

2 JUSTIFICATIVA

O uso imprudente de um grande número de modelos animais convencionais, principalmente em pesquisa básica vem sendo amplamente questionado pela sociedade por infligir, em muitos casos, sofrimento e morte desnecessários a seres sencientes. Além disso, a utilização de animais gera um consumo de recursos questionável, principalmente no cenário atual de restrição de fomentos no país. A utilização de organismos modelo alternativos traz uma solução criativa a esses problemas, porém a total abrangência de sua adesão por cientistas brasileiros não é muito conhecida. Dentre os organismos modelos alternativos poucos possuem um histórico tão relevante auxiliando a comunidade científica mundial como o *Caenorhabditis elegans*, em seu curto período de existência esse modelo contribuiu com pesquisas científicas relevantes prestigiadas inclusive com três prêmios Nobel. Nesse contexto, analisar a adesão de pesquisadores brasileiros ao organismo modelo alternativo *Caenorhabditis elegans*, bem como avaliar a produção científica e a formação de recursos humanos nessa área proporcionará um maior entendimento acerca dos rumos que a pesquisa científica básica brasileira pode tomar nos próximos anos.

3 OBJETIVOS

O presente estudo tem por objetivo analisar e comparar a adesão e desenvolvimento científico histórico do uso do organismo modelo alternativo *Caenorhabditis elegans* no Brasil, comparando com o impacto no cenário mundial, ademais este estudo buscará verificar a influência do modelo na formação de recursos humanos no ensino superior e pós-graduação.

Para tanto, faz-se necessário:

- Realizar pesquisa qualitativa e quantitativa de produção científica utilizando o modelo ao longo dos anos no país e no mundo;
- Criar mapa de rede de coautoria de publicações em trabalhos científicos sobre o tema no Brasil, dividido por instituições;
- Analisar e comparar o número e produção de egressos de iniciação científica, mestrado e doutorado no tema;
- Realizar análise textual do resumo dos trabalhos científicos encontrados procurando por padrões emergentes.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Mamíferos tem sido utilizados como cobaias em pesquisa e educação em larga escala nos últimos duzentos anos, porém na metade do século passado críticas crescentes sobre a crueldade e aspectos éticos culminaram na publicação do livro que definiu os princípios dos três Rs e veio a ser conhecido como métodos alternativos (STEPHENS; GOLDBERG; ROWAN, 2001).

Os três Rs, do inglês *Replacement*, *Reduction* e *Refinement* podem ser traduzidos em “*substituição, redução e refinamento*” e foram definidos por Russell e Burch como (RUSSELL; BURCH, 1959, tradução nossa) :

Substituição significa a substituição de animais conscientes por materiais insensíveis. Redução significa redução no número de animais utilizados para obter informações de uma determinada quantidade e precisão. Refinamento significa qualquer redução na incidência ou gravidade de procedimentos desumanos aplicados aos animais que ainda precisam ser utilizados (RUSSELL; BURCH, 1959).

De fato, a utilização dos conceitos dos três Rs ainda é uma das melhores maneiras de praticar ciência humana com ética, pois tais procedimentos podem substituir completamente ou minimizar a necessidade de experiências com animais

superiores. Assim, reduzindo o número de animais necessários ou ainda a quantidade de dor, angústia e sofrido por animais na satisfação das necessidades essenciais do homem e de outros animais (BALLS *et al.*, 1995).

É importante ressaltar que o uso de animais foi fundamental para o avanço da ciência moderna, e que ainda não pode ser totalmente substituído. No entanto, cientistas no mundo inteiro têm buscado métodos alternativos ao uso de animais em pesquisas biomédicas e comportamentais pelos motivos anteriormente comentados (COHEN, 1986). O termo “modelo ou métodos alternativos” inclui substituições para mamíferos, reduções no uso de animais e refinamentos em protocolos experimentais que diminuem a dor dos animais envolvidos. Assim, o uso de invertebrados, plantas, órgãos, tecidos, células, micro-organismos e sistemas não biológicos, se incluem em modelos e/ou métodos alternativos (OF MEDICINE; COUNCIL, 1988).

Dentro desse contexto, o presente estudo visou analisar a utilização de um desses modelos alternativos, o *Caenorhabditis elegans*, por ser um modelo *in vivo* amplamente utilizado em estudos de biologia do desenvolvimento, genética, envelhecimento e ecotoxicologia (ELLIS; HORVITZ, 1986). É possível concluir que a utilização desse modelo é capaz de representar um nicho de visão diferenciada sobre a utilização de animais em pesquisa, contribuindo na formação de alunos e novos pesquisadores no Brasil.

4.1 Caenorhabditis elegans

4.1.1 Características Gerais

O *Caenorhabditis elegans* é um nematoide de vida livre, de aproximadamente um milímetro de comprimento na fase adulta, encontrado comumente em solos de clima temperado (Figura1).

Figura 1 – Imagem de um *Caenorhabditis elegans* hermafrodita adulto. A barra lateral indica a escala de 0,1 mm.

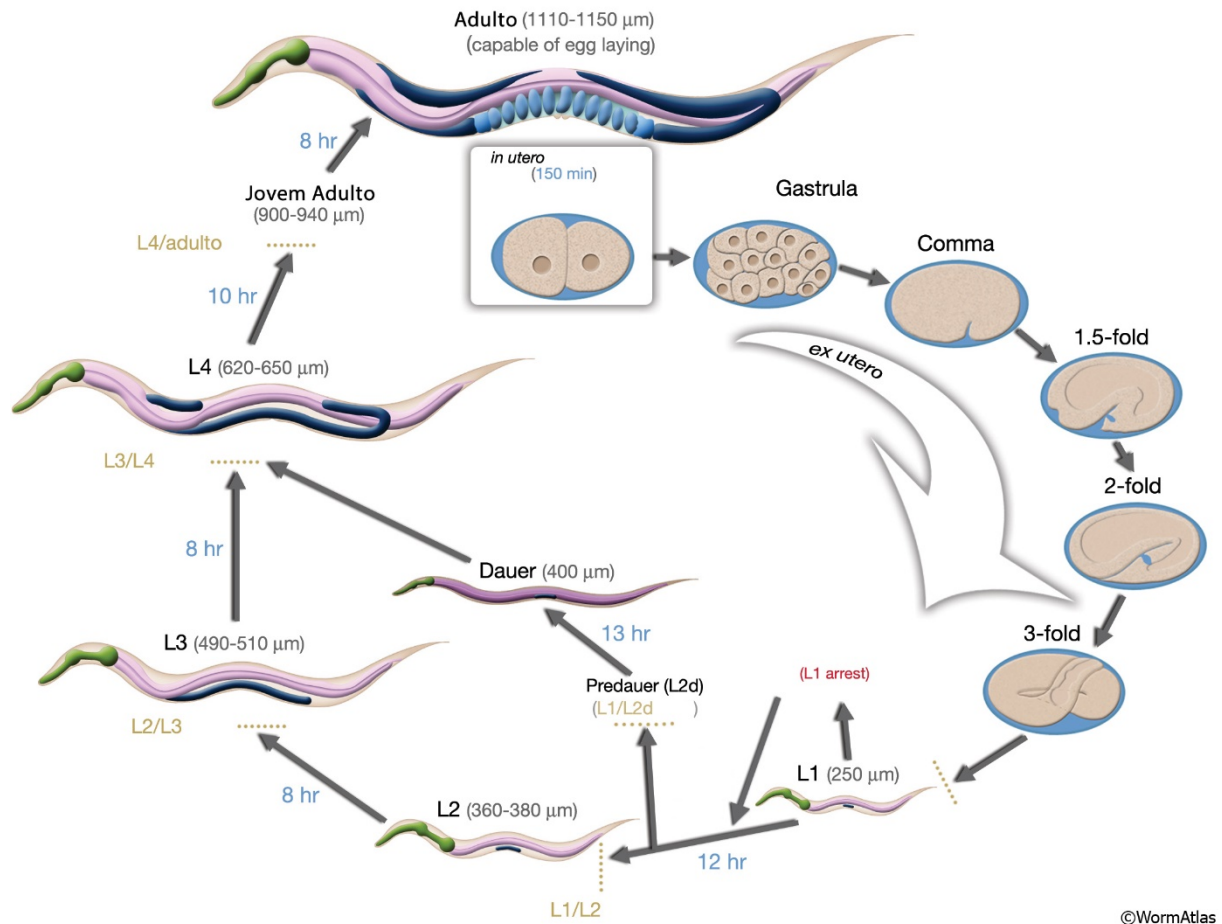


Fonte: Adaptado de Wormatlas(WORMATLAS HOMEPAGE, [s. d.]).

Possui um ciclo de vida relativamente curto dependendo da temperatura externa, o qual em geral dura três dias desde o ovo até o adulto gerador de ovos, em temperatura ambiente. Durante esse período, o nematoide passa por três fases distintas, começando com a embrionária, passando para larval (com quatro estágios distintos bem denominados L1, L2, L3 e L4) e chegando à fase adulta a qual dura em torno de vinte e um dias (CORSI; WIGHTMAN; CHALFIE, 2015). Caso haja escassez de alimento durante o período larval L1, o nematoide pode passar por um ciclo de vida diferente, avançando para L2d, ou larva Dauer, onde adquire, através de várias mudanças fisiológicas, resistência extrema ao ambiente hostil. O ciclo retorna ao normal quando o nematoide percebe novamente um ambiente vantajoso ao seu desenvolvimento (Figura 2) (GOLDEN; RIDDLE, 1984).

Quanto ao sexo, *Caenorhabditis elegans* são predominantemente hermafroditas, porém pode ocorrer a geração de machos esporadicamente, tendo uma ocorrência menor do que um a cada duzentos indivíduos. A reprodução pode se dar por autofecundação em indivíduos hermafroditas ou por acasalamento entre os sexos. Quando ocorre a autofecundação o *Caenorhabditis elegans* produz em torno de trezentos ovos. No entanto, quando a reprodução é por acasalamento, o nematoide é capaz de produzir mais de mil novos indivíduos, sendo que nesse caso cinquenta por cento destes serão indivíduos machos. Esse organismo apresenta eutelia, com 1031 células somáticas em indivíduos machos e 959 em indivíduos hermafroditas, sendo 302 delas neurônios (CORSI; WIGHTMAN; CHALFIE, 2015).

Figura 2 – Ciclo de vida de um *Caenorhabditis elegans* a temperatura ambiente de 22° C. Primeiro as fases internas ao ovulo, seguido das formas larvais e terminando na fase adulta. Acima de cada nematoide está o nome da fase e seu tamanho. Entre os estágios está o tempo aproximado de permanência em cada fase.



Fonte: Adaptado de WormAtlas(WORMATLAS HOMEPAGE, [s. d.]).

4.1.2 Histórico

Nomeado primeiramente em 1900 como *Rhabditides elegans*, essa espécie/tipo passou mais de meio século sem a atenção da comunidade científica, até que na década de cinquenta foi novamente pesquisada e adquiriu seu nome e classificação atuais (SUDHAUS; KIONTKE, 1996). Os estudos sobre esse invertebrado como organismo modelo começaram há quase meio século pelo biólogo Sidney Brenner (BRENNER, 1974). Nas décadas seguintes ocorreu um grande número de publicações importantes como o primeiro diagrama completo de ligação do sistema nervoso em 1986 (WHITE *et al.*, 1986) e a identificação dos genes responsáveis pela conservação da função sináptica em 1993 (GENGYO-ANDO *et al.*,

1993). Posteriormente, em 1998, foi o primeiro organismo multicelular a ter seu genoma completamente mapeado (GENOME SEQUENCE OF THE NEMATODE CAENORHABDITIS ELEGANS: A PLATFORM FOR INVESTIGATING BIOLOGY, 1998). Atualmente, possui o suporte e uma grande comunidade de cientistas em todo o mundo, um grande banco de dados disponibilizado gratuitamente e curado pelos próprios pesquisadores e chamado Wormbase, além de um grande repositório de conhecimento compartilhado na internet chamado WormBook, com mais de 150.000 acessos por mês (GIRARD *et al.*, 2006).

4.1.3 Histórico no Brasil

As pesquisas científicas utilizando o *Caenorhabditis elegans* no país apresentaram um início tardio comparado à realidade mundial, começando somente na década de 1990 na Universidade Federal de São Paulo com os trabalhos do pesquisador Carlos Eduardo Winter (WINTER; BLUMENTHAL, 1991) e paralelamente na Universidade Federal do Rio de Janeiro com as publicações provenientes do trabalho de doutorado da pesquisadora Christina Alves Peixoto sob orientação do pesquisador Wanderley de Souza (PEIXOTO, C. A.; DE SOUZA, 1994; PEIXOTO, C. Alves; DE SOUZA, 1995; PEIXOTO, C A; DE SOUZA, 1992).

Infelizmente, por se tratarem de eventos relativamente recentes, não existem publicações científicas delineando o histórico do início das pesquisas com o organismo modelo *Caenorhabditis elegans* no Brasil, impossibilitando um maior reconhecimento e visibilidade desta comunidade científica, tão desenvolvida e ativa em aspectos cooperativos e produtivos, no cenário nacional. Essa demanda, ao menos em parte, o presente trabalho visa humildemente suprir.

4.1.4 *Caenorhabditis elegans* Como Organismo Modelo

A utilização do *Caenorhabditis elegans* como organismo modelo apresenta muitas vantagens em relação ao uso de mamíferos, tais como: fácil cultivo em laboratório, possibilidade de executar vários experimentos consecutivos devido ao curto ciclo de vida, reprodução por autofecundação, o que mantém sob controle a variabilidade genética de cepas, possibilidade de armazenamento por longos períodos

de tempo através do estágio larval L2d ou por congelamento e tamanho reduzido, permitindo a manutenção de milhões de animais em espaços pequenos. Ademais, por ser muito pequeno o *Caenorhabditis elegans* fornece dados de um animal inteiro com sistemas digestivo, reprodutivo, endócrino, sensorial e neuromuscular intacto e metabolicamente ativo. Além disso, os *Caenorhabditis elegans* possuem o corpo transparente o que favorece ensaios e técnicas colorimétricas e fluorométricas *in vivo*, que podem ser acompanhadas em tempo real (AVILA; HELMCKE; ASCHNER, 2012).

De forma geral, as pesquisas científicas com *Caenorhabditis elegans* concentram-se nas áreas de biologia molecular, genética e bioquímica, porém a utilização desse nematoide como organismo modelo atende hoje também as áreas de medicina, biologia geral, imunologia, microbiologia, neurociências, química e até ciência da computação, dentre outras.

A eutelia desse organismo possibilitou pesquisas detalhadas em desenvolvimento e linhagem celular (SULSTON; HORVITZ, 1977), culminando nos trabalhos sobre apoptose celular (ELLIS; HORVITZ, 1986), mercedores do prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 2002 entregue aos pesquisadores Brenner, Sulston e Horvitz. Com o esclarecimento do desenvolvimento celular embrionário desse organismo modelo foi possível também identificar os principais mecanismos responsáveis pela divisão celular assimétrica que ocorre em embriões de diversas espécies (GÖNCZY; ROSE, 2005). Utilizando-se dessas características e do conhecimento prévio presente em inúmeras publicações científicas sobre o tema, Fire e Melo desenvolveram um excelente trabalho desvendando o funcionamento de RNA interferente no silenciamento genético (FIRE *et al.*, 1998), fazendo o *Caenorhabditis elegans* ser mencionado mais uma vez em um prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina, no caso em 2006 dado a esses pesquisadores.

Durante essas seis décadas de desenvolvimento científico utilizando esse organismo modelo existiram muitas publicações importantes em um grande número de áreas, porém, é possível afirmar que as mais importantes para a comunidade científica e o desenvolvimento do conhecimento humano como um todo, foram em as pesquisas de Shimomura, Tsien e Chalfie. Esses pesquisadores utilizaram uma proteína verde fluorescente como marcador genético (CHALFIE *et al.*, 1994) o que abriu uma ampla gama de possibilidades em pesquisas genéticas, pelas quais receberam o prêmio Nobel de Química em 2008. Também merecem destaque as pesquisas em sequenciamento genético, já que o *Caenorhabditis elegans* foi o

primeiro organismo multicelular a ter seus genes inteiramente sequenciados (CONSORTIUM*, 1998), abrindo caminho para técnicas e metodologias para o sequenciamento completo do genoma humano (SCHMUTZ *et al.*, 2004).

4.1.5 *Perspectivas para o Organismo Modelo*

A ampla utilização do *Caenorhabditis elegans* como organismo modelo nas mais diversas áreas da pesquisa científica mundial atualmente torna difícil uma previsão específica de futuro, no entanto essa informação por si só já indica uma diversidade incrível de possibilidades. Com seu baixo custo de implementação, facilidade de uso e o acolhimento cada vez maior por parte comunidade científica das mais distintas áreas do conhecimento humano, muitas outras áreas serão conquistadas em pouco tempo por esse pequeno nematoide elegante. Deste modo, uma das áreas a ser conquistada é a educação, onde a inserção desse modelo como uma ferramenta didática, ainda permanece um desafio, apesar de a literatura relatar alguns poucos, mas relevantes trabalhos que utilizaram o modelo para o ensino básico e médio de ciências. Recentes trabalhos sugerem que o uso do *Caenorhabditis elegans* como ferramenta em sala de aula pode influenciar de forma positiva no aprendizado de ciências, e que a prática deve ser exercida desde os anos iniciais, a fim de despertar o interesse dos alunos (LIMA, 2013). Outro trabalho buscou explorar que ao observar o comportamento de *Caenorhabditis elegans* os alunos foram capazes de fazer observações e desenvolvessem suas próprias perguntas de pesquisa, baseados em seus experimentos (DEFFIT; NEFF; KOWALSKI, 2017).

Desta forma, acreditamos que estudos bibliométricos e cientométricos possam ajudar a compreender melhor os passos e trajetórias científicas deste organismo modelo até presente momento, bem como, nos permitirá tracejar novos caminhos e horizontes para pesquisas em diversas áreas do conhecimento no Brasil e no mundo com este nematoide, bem como sua utilização como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem.

4.2 Bibliometria e Cientometria como Ferramentas para Mensurar o Desenvolvimento Científico

4.2.1 Histórico

A necessidade de mensurar, organizar e categorizar está na essência da experiência humana. Em sua cruzada para compreender o universo e todas as leis que o regem, o ser humano adquiriu e acumulou conhecimento ao longo das eras, tendo a escrita como ferramenta principal para o armazenamento de tamanha quantidade de informação. Com o acúmulo do conhecimento escrito, surgiu a necessidade de mensurar esses registros e para tanto foi desenvolvida a bibliometria.

Otlet definiu a bibliometria pela primeira vez em 1934 como a mensuração de todos os aspectos relacionados a publicação e leitura de livros e documentos (OTLET, 1934). Porém o termo só adquiriu abrangência mundial com a publicação de Pritchard em 1969, que o define como a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos em livros e outras mídias de comunicação (PRITCHARD, 1969).

A bibliometria, em seu formato atual, utiliza tanto seus pilares básicos tais como: a lei de Lotka (LOTKA, 1926); a lei de dispersão de Bradford (BRADFORD, 1953); e o modelo de distribuição de Zipf (JOOS; ZIPF, 1936), quanto modelos estatísticos computacionais avançados os quais analisam e mensuram todo e qualquer conhecimento escrito de forma geral. Mas, com o passar dos anos o acúmulo crescente de informação transformou os assuntos em áreas de especificidades distintas, o que gerou a necessidade de criação de princípios e ferramentas específicas de avaliação. Contudo, a área de maior interesse para esse trabalho é a produção de conhecimento científico e a forma de executar uma melhor análise desse conhecimento é utilizando os princípios da cientometria.

4.2.2 Cientometria

A denominação cientometria se dá a trabalhos e métodos quantitativos para a mensuração de atividades científicas ou técnicas, ou seja, a ciência pela ciência. A cientometria utiliza princípios e ferramentas evoluídas da bibliometria para a procura de métricas em trabalhos científicos (VANTI, 2002) e sua origem está diretamente

associada a dois livros publicados em 1961 e 1964, “Science since Babylon” e “Little science, Big science” de Derek e Solla Price. Os respectivos trabalhos de Solla Price foram escritos com base em uma série de trabalhos bibliométricos anteriores (CALLON; COURTRIAL; PENAN, 1995, p. 9).

Contudo, atualmente sabe-se que a cientometria tem o potencial de influenciar pesquisas e revelar a importância de determinados nichos científicos para órgãos de apoio e fomento (BRINN; JONES; PENDLEBURY, 2000). Dessa forma, Governos, instituições e grupos de pesquisas podem utilizar do conhecimento gerado pela cientometria para implementar avanços no desenvolvimento científico e tecnológico. Nos últimos anos, a compilação de dados cientométricos tem sido usada para ajudar nações a tomarem decisões sobre quais áreas do saber necessitam de mais financiamentos ou fundos especiais (SILVA, J.; BIANCHI, 2001).

Esses princípios podem ser usados inclusive para avaliar a qualidade da formação de recursos humanos associados às pesquisas bem como seus impactos na pós graduação (ROOS *et al.*, 2014). Além de ser um meio de difundir a ciência e indicar novos caminhos de desenvolvimento humano e científico como mencionado anteriormente, a análise das citações ou dos fatores de impacto de periódicos e artigos vem se tornando uma fonte importante de informação para historiadores, sociólogos e outros pesquisadores interessados na evolução da ciência e da formação científica como um todo (GARFIELD, E, 2001).

4.2.3 Ferramentas cientométricas atuais

Conforme mencionado anteriormente muitos dos princípios e indicadores utilizados na cientometria provem diretamente ou são derivados da bibliometria (HOOD; WILSON, 2001), surgindo da necessidade de avaliação da crescente produção científica mundial. Evoluindo constantemente acompanhando a expansão da ciência e partindo da necessidade de sistematização de seus métodos e abordagens (PARRA; COUTINHO; PESSANO, 2019), a cientometria atravessou suas seis décadas de existência balanceando as necessidades de pesquisadores, periódicos, instituições e governos na avaliação de desempenho dos atores do processo de desenvolvimento científico, criando, modificando e excluindo indicadores durante essa jornada (LEYDESDORFF, 2005).

Os indicadores primordiais que existem desde o começo da cientometria são o número de publicações e o número de citações. Em sua base o número de publicações de um determinado pesquisador, instituição ou assunto indica diretamente o nível de atividade científica e produção de conhecimento escrito. Já o número de citações indica diretamente o quanto uma publicação é reconhecida dentro a comunidade científica e indiretamente indica o quanto aquele conhecimento serviu de base para pesquisas posteriores ou obsolescência da literatura. Porém a utilização contínua e confiável desse indicador só foi possível após a criação do índice de citação científico (do inglês Science Citation Index) proveniente dos trabalhos de Garfield (GARFIELD, Eugene, 1963).

Outro indicador muito utilizado é o nível de colaboração científica nacional e internacional, normalmente obtido através da identificação dos autores em publicações que possuam mais de um autor. Embora a inferência de colaboração utilizando simplesmente a análise de coautoria não seja exatamente perfeita, esse método proporciona confiança, reprodutibilidade e significância estatística, pois normalmente é utilizado em contextos de grande escopo (KATZ; MARTIN, 1997).

Com o crescimento no número de pesquisadores, pesquisas e por consequência um aumento no número de locais criados para a publicação desses trabalhos, surge também a necessidade de classificação de periódicos, para que fosse possível uma melhor seleção hierarquizada por relevância. Para suprir essa necessidade Garfield cria então o indicador: Fator de Impacto (do inglês Journal Impact Factor), que classifica um periódico a partir da soma do número de suas publicações nos dois anos anteriores, dividida pelo número de citações que essas publicações receberam no ano posterior (GARFIELD, Eugene, 2006). O Fator de Impacto foi criado inicialmente para a classificação somente de periódicos, porém rapidamente passou a constar também na avaliação de desempenho científico de áreas de pesquisa, instituições e até pesquisadores, fato que encontra muitas críticas até hoje (STREHL, 2005).

Com o objetivo de prover uma melhor classificação sobre qualidade e impacto na carreira profissional de pesquisadores ou instituições, em 2005 foi proposto o Índice h . Este índice é definido como o máximo valor de h para que h artigos tenham pelo menos h citações (HIRSCH, 2005), ou seja, é o maior número de publicações que tenham ao menos esse mesmo número de citações. O índice h representa um avanço na avaliação de desempenho de pesquisadores, porém possui limitações e

pode até mesmo não ser mais significativo estatisticamente na previsão de reconhecimento de um pesquisador pela comunidade científica devido a mudança gradual nos padrões de autorias de publicações (KOLTUN; HAFNER, 2021).

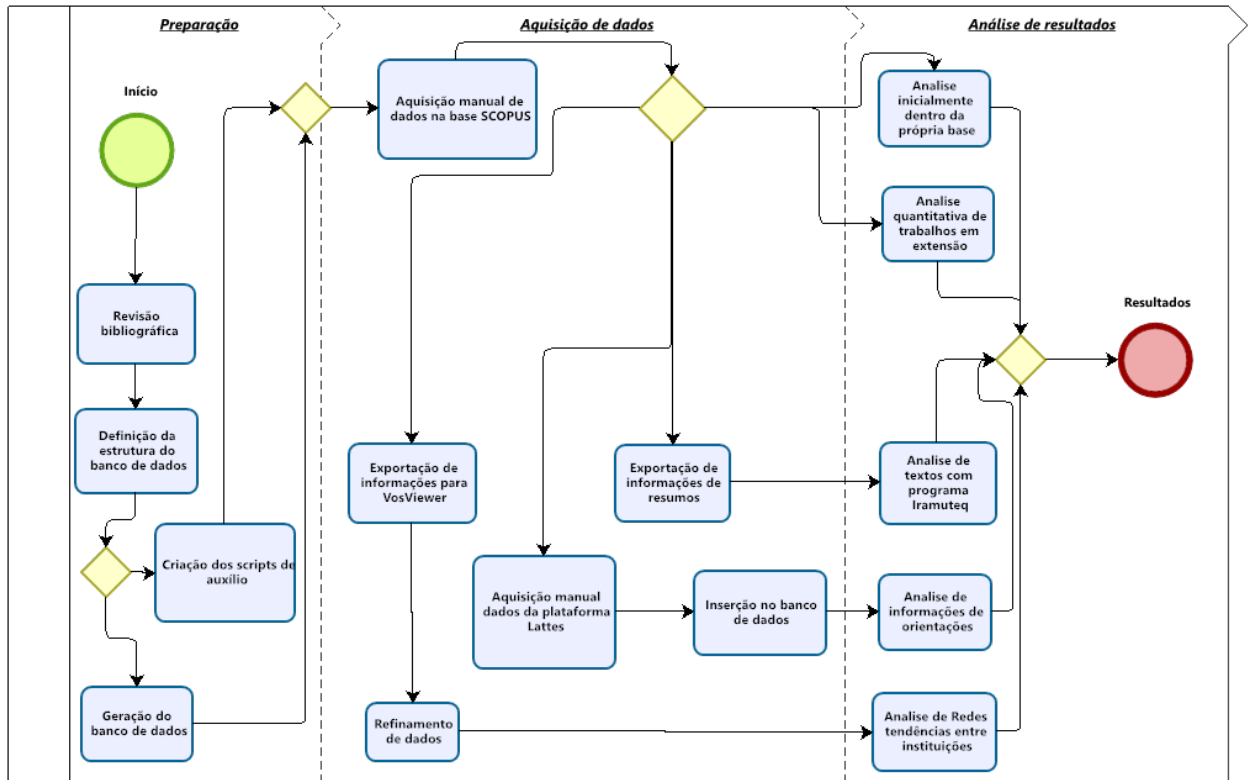
Além dos indicadores descritos acima, são encontrados também na literatura cientométrica atual não só um grande número de outras formas classificatórias distintas, tais como o SJR (do inglês SCImago Journal Rank) (BUTLER, 2008) e o eigenfactor (BERGSTROM; WEST; WISEMAN, 2008), mas também variações de indicadores existentes, tais como o *h-5*, a meia vida de citações e o indicador de imediatividade de publicação, dentre muitos outros. É sempre importante ressaltar que cada indicador é criado com o objetivo específico de sanar dúvidas em áreas específicas, sendo uma ferramenta que muitas vezes simplifica conceitos complexos em métrica quantitativa e por esse motivo possui um escopo definido de atuação eficiente, cabendo sempre ao pesquisador cientométrico o uso de discernimento na escolha de indicadores para sua pesquisa.

Dessa forma, no presente estudo, utilizamos alguns indicadores cientométricos para compreender como o organismo modelo *Caenorhabditis elegans* evoluiu com o passar dos anos e se projeta atualmente no Brasil e no Mundo, bem como analisamos como este assunto influencia alguns cenários na pesquisa de base e formação de recursos humanos em nosso país.

5 METODOLOGIA

Esta pesquisa consiste em um estudo cientométrico utilizando indicadores de produção, impacto e colaboração, coletados de publicações científicas relacionadas ao organismo modelo *Caenorhabditis elegans*, que seguiu o desenvolvimento definido na Figura 3.

Figura 3 – Diagrama de processo BCNM seguido na execução deste trabalho. Dividido em 3 fases principais: Preparação – Onde foi realizada a revisão bibliográfica, preparação do banco de dados e programação dos principais scripts; Aquisição de dados – Onde foram adquiridas as informações da base scopus, plataforma lattes e J.C.R.; Análise de resultados – Onde foram executadas as análises em todos os softwares escolhidos.



Fonte: Próprio autor.

Devido a minha trajetória acadêmica, formações complementares e experiências profissionais serem majoritariamente na área de ciência da informação, mais especificamente em análise e desenvolvimento de sistemas, optou-se então pela utilização de procedimentos metodológicos informatizados para o controle e refinamento das informações encontradas.

5.1 Origem

5.1.1 Base Scopus

O banco de dados SCOPUS, pertencente a empresa de análise de informação especializada em ciência e saúde ELSEVIER, é uma base já bem estabelecida em pesquisas cientométricas. Atualmente possuindo mais de setenta e cinco milhões de registros, sendo vinte e quatro mil e seiscentos desses de artigos revisados por pares e mais de cento e noventa mil de livros, incluindo monografias e volumes editados (SCOPUS CONTENT COVERAGE BY SUBJECT AREA, 2019) Um dos diferenciais dessa base é a possibilidade de extração também de resumos dos artigos pesquisados, fato que foi determinante na escolha do SCOPUS como fonte principal de informações para esse trabalho.

5.1.2 Plataforma Lattes

Em um segundo momento informações complementares dos pesquisadores encontrados, afiliados a instituições brasileiras, tais como afiliação institucional, bolsas de produtividade, formação acadêmica, formação profissional, linhas e pesquisa, orientações em andamento e concluídas, projetos cadastrados e artigos publicados, foram retiradas da plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). A plataforma Lattes possui atualmente mais de 3 milhões de currículos cadastrados, sendo uma integração entre currículos, base de grupos de pesquisa e também de instituições, o que a torna a principal fonte de informações para a distribuição de fomento por parte do CNPQ e estratégica para o planejamento de políticas públicas no Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

O Currículo Lattes se tornou um padrão nacional no registro da vida pregressa e atual dos estudantes e pesquisadores do país, e é hoje adotado pela maioria das instituições de fomento, universidades e institutos de pesquisa do País. Por sua riqueza de informações e sua crescente confiabilidade e abrangência, se tornou elemento indispensável e compulsório à análise de mérito e competência dos pleitos de financiamentos

na área de ciência e tecnologia.(SOBRE A PLATAFORMA - LATTES, [s. d.]).

5.1.3 *Journal Citation Reports*

A grande maioria dos periódicos com publicações em *Caenorhabditis elegans* está categorizada nas áreas de Bioquímica, Genética e Biologia Molecular. Devido ao fato dessas categorias seguirem a linearidade descrita pela métrica da Journal Citation Reports (JCR) foi possível a utilização do fator de impacto (FI) como parâmetro de qualidade, relevância e visibilidade dos artigos na área. Pois o FI identifica a frequência média com que um artigo de um periódico é citado em um determinado ano. Dessa forma, o FI é ferramenta muito importante para comparar a relevância de periódicos em suas respectivas áreas do conhecimento. Sendo que, quanto maior for o FI maior sua relevância para seu campo.

A determinação do FI é realizada de acordo com os seguintes critérios metodológicos do JCR:

Para calcular o FI é necessário dividir o número total de citações recebidos por um periódico no ano pelo número total de artigos publicados pelo periódico nos dois anos anteriores. A importação da lista dos FI dos periódicos está disponível no sistema InCites da JCR, pertencente a empresa Clarivate Analytics(INCITES, [s. d.]).

5.2 Seleção

Foram selecionados todos os tipos de documentos da plataforma com a expressão de pesquisa sendo o nome do organismo modelo “*Caenorhabditis elegans*”. O período deste estudo foi do início do registro de dados sobre o organismo modelo selecionado na plataforma até o mês de dezembro de 2019.

5.3 Organização

Um banco de dados é definido como uma coleção de dados, relacionados e armazenados, possuindo ou não algum tipo de controle de redundância (ELMASRI; NAVATHE, 2011). Com o objetivo padronizar a forma de organização dos dados, diminuindo a redundância dentro de um banco de dados, Codd em 1970 publicou um artigo com as bases para um banco de dados em formato relacional (Codd, 1970), o

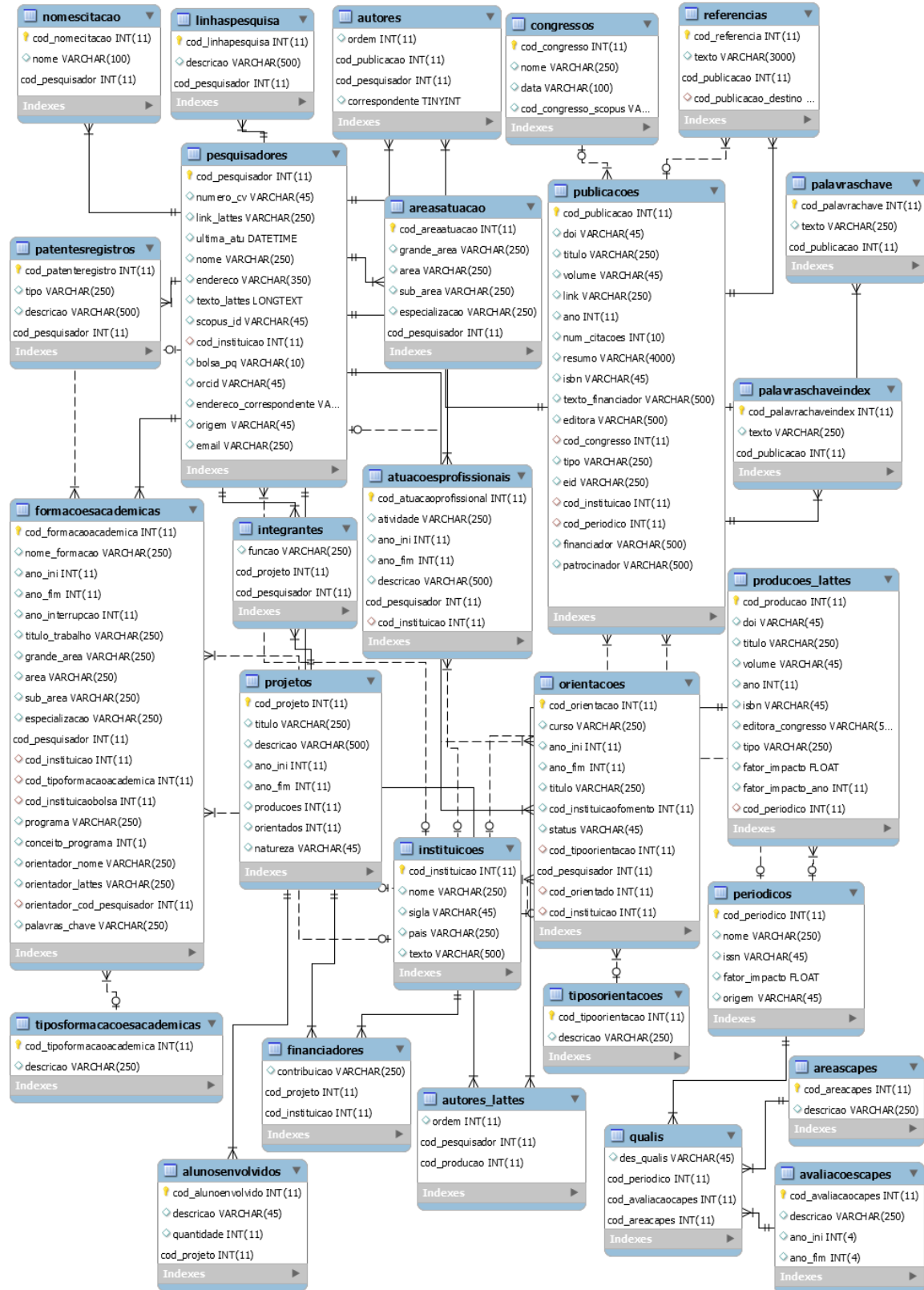
que, somado ao desenvolvimento da linguagem Structured Query Language (SQL) impulsionou a adoção desse modelo no mercado (Sumathi, 2007).

Para a categorização foi criado um banco de dados relacional, desenvolvido no sistema gerenciador de banco de dados Mysql, seguindo a estrutura exibida na *Figura 4*. Essa estrutura garante que informações sejam salvas contendo o menor número de redundâncias possível, pois utiliza relacionamentos entre as diferentes entidades de dados.

Os registros encontrados foram baixados do site SCOPUS utilizando a opção de download do próprio site e posteriormente inseridos no banco de dados utilizando um script, ou seja, um conjunto de instruções em código, desenvolvido em linguagem de programação Python para tal fim. Devido a abreviação dos nomes de autores encontrados nos registros se fez necessário também o desenvolvimento de outro script que, para cada autor existente no banco de dados, visitasse o site SCOPUS adquirindo a informação de nome completo desse autor e salvando no banco.

Um terceiro script foi criado com o objetivo de, para cada autor cadastrado no banco de dados que possuísse afiliação em instituição brasileira, procurar no site da plataforma Lattes, e em último caso no site de pesquisas Google, o link de currículo desse autor, procurando sempre verificar a autenticidade do registro encontrado através da instituição de afiliação e iniciais do autor.

Figura 4 – Estrutura do banco de dados relacional deste trabalho. Cada retângulo exibido representa uma tabela criada para armazenar um tipo específico de informação. Na parte superior de cada retângulo está o nome da tabela e na parte interna o nome de cada campo, com a imagem de uma chave indicando campos de referência que são utilizados para interligar as tabelas.



Fonte: Próprio autor.

Com os links gerados foi possível prosseguir com o download manual dos currículos lattes dos pesquisadores selecionados utilizando a opção de download do próprio site da plataforma Lattes. O desenvolvimento de um quarto script se fez necessário para executar a importação das informações, contidas nos arquivos baixados, para o banco de dados da forma correta.

O banco de dados SCOPUS é uma excelente fonte de informações categorizadas de produção científica, porém, por importar informações diretamente de editoras, carrega para sua base qualquer erro proveniente de digitação incorreta na submissão de artigos por parte dos pesquisadores, o que pode acarretar em mais de um registro único para cada pesquisador. Por esse motivo foram desenvolvidos mais dois scripts, o primeiro automatizado para a correção de nomes de instituições brasileiras e o segundo, semiautomatizado, que fez a comparação entre informações de publicações provenientes do banco de dados SCOPUS com informações provenientes da plataforma Lattes, verificando discrepâncias e similaridades entre nomes de pesquisadores e sugerindo ao operador a mescla dos registros encontrados como similares. Utilizando esse script foi possível também encontrar links de currículos Lattes previamente desconhecidos através de informações provenientes de currículos de outros pesquisadores.

5.4 Análise e Visualização de Dados

Com os dados obtidos foi possível verificar características e tendências da produção científica brasileira no assunto, identificando também pesquisadores e sua filiação institucional proveniente da plataforma SCOPUS e o Estado Federal da instituição. Já com o banco de dados organizado foi possível então verificar a relação de orientação entre os pesquisadores bem como o número de egressos, por orientador, em iniciação científica, mestrado e doutorado no modelo alternativo selecionado. Analisando a quantidade de publicações, fator de impacto, relação de bolsas de produtividade em pesquisa (PQ) do CNPQ e relação de projetos na área.

5.4.1 Vosviewer

A rede de coautoria foi criada utilizando o programa VOSviewer. Através da análise das informações exportadas do banco de dados, esta ferramenta forneceu dados relativos ao número de ligações entre instituições e redes de coautorias estabelecidas usando figuras líquidas, assim as instituições que apresentaram maior quantidade de ligações ficaram proeminentes nas imagens (VAN ECK; WALTMAN, 2010).

5.4.2 Iramuteq

Para a realização da análise dos resumos dos artigos encontrados foi utilizada a ferramenta Iramuteq, um programa gratuito de análise textual que auxiliou na procura de padrões emergentes realizando análise de frequência, similaridade e classificação hierárquica descendente através do método de Reinert (REINERT, 1990).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

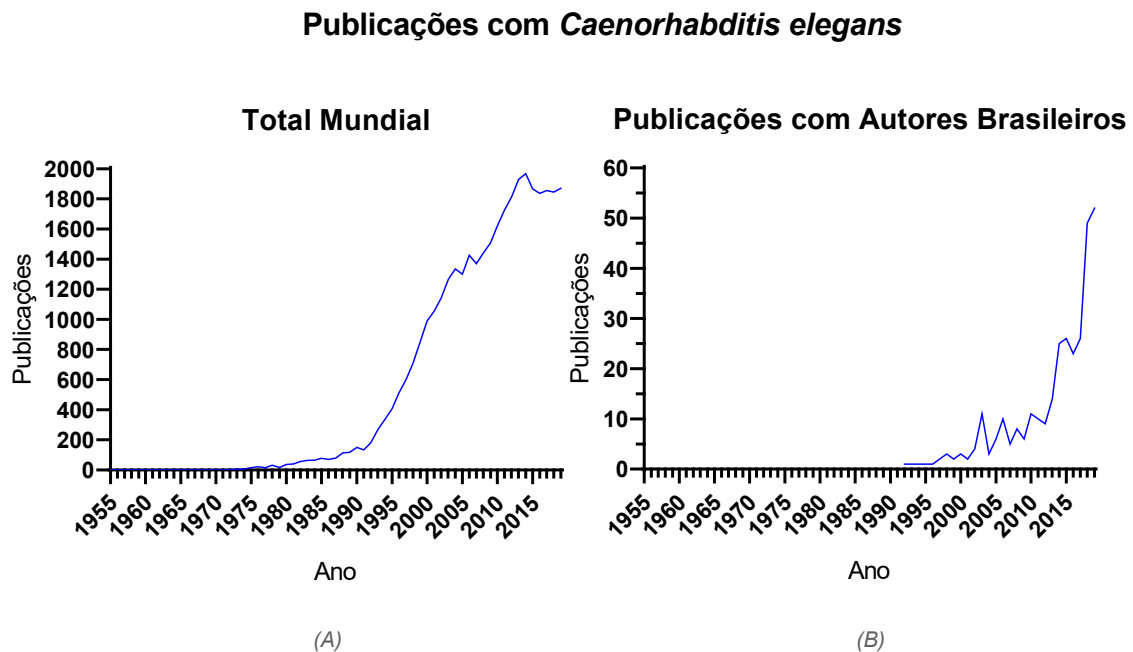
6.1 Publicações

Foram encontradas 36.167 publicações com o organismo modelo *Caenorhabditis elegans* na plataforma SCOPUS (Figura 5A) e 314 publicações com autores brasileiros (Figura 5B). O primeiro registro na plataforma é do ano de 1955, porém esse modelo somente adquire uma presença consistente em 1971, apresentando rápido crescimento nos anos seguintes, atingindo seu pico no ano de 2014 com 1967 publicações, como mostra a Figura 5A. Já a produção brasileira com *Caenorhabditis elegans* começa em 1992 e se mantém modesta e estável por quase uma década, apresentando ascensão oscilante somente após o movimento de internacionalização de pesquisas brasileiras nos anos 2000, com o aumento de liberação de bolsas de pesquisa no exterior por parte de agências nacionais de fomento. É possível verificar também que a queda na produção mundial em 2015 só atingiu os pesquisadores brasileiros no ano seguinte e que, em 2017, houve a

recuperação com uma tendência de forte ascensão nos últimos anos, como apresenta a Figura 5B.

Apesar das diferenças citadas acima é possível observar que o assunto *Caenorhabditis elegans*, de um modo geral, tem um crescimento anual consistente tanto mundialmente quanto com autores brasileiros. Esse fato sugere um interesse global pelo tema, sendo acompanhado também à medida do possível por autores brasileiros. Interesse demonstrado também na classificação do Brasil entre os países que mais publicam com o assunto, uma vez que nos últimos 5 anos o país passou da décima nona (19^a) posição para a decima sexta (16^a).

Figura 5 – (A) Total de publicações encontradas na plataforma SCOPUS em *Caenorhabditis elegans* por ano. (B) Total de publicações encontradas na plataforma SCOPUS com autores brasileiros em *Caenorhabditis elegans* por ano.



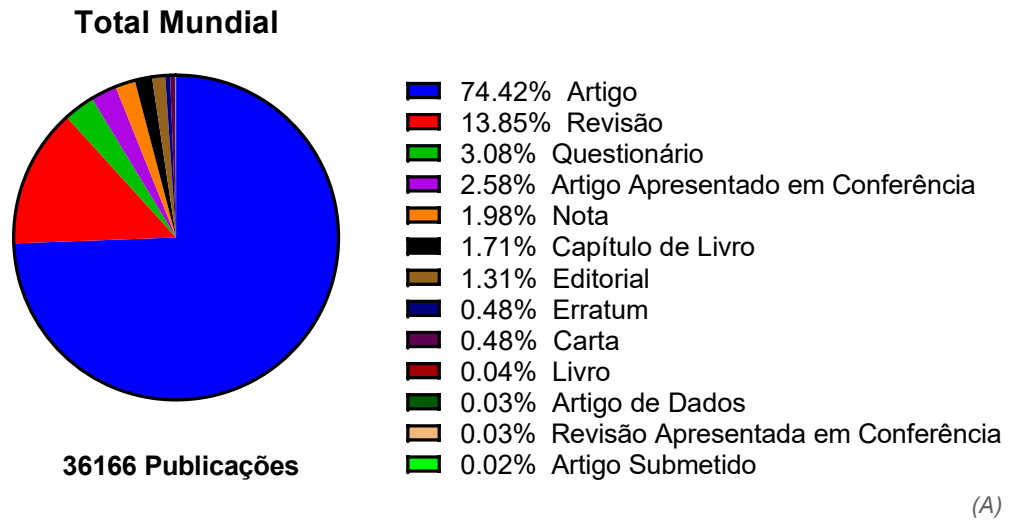
Fonte: Próprio autor.

Para compreender como ocorre a distribuição entre os tipos de publicação sobre o tema, verificamos as diferentes categorias que ocorrem mundialmente (Figura 6A) e em publicações com ao menos um autor brasileiro (Figura 6B). Dessa forma, mundialmente foram encontradas uma variedade de tipos de publicações, mas a grande maioria são de artigos regulares (74,42%), seguidos de artigos de revisão (13,85%), como exibido na Figura 6A. Seguindo a mesma tendência, a produção com autores brasileiros também consiste em sua grande maioria de artigos regulares

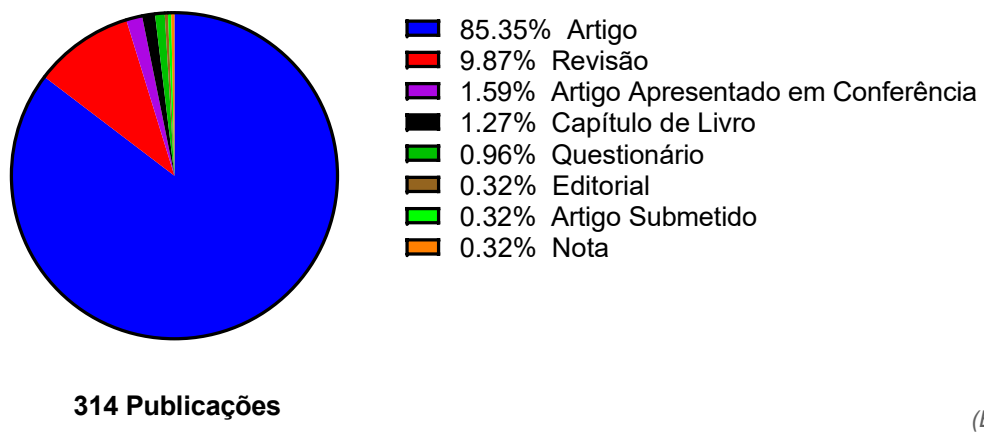
(85,35%), seguidos por artigos de revisão (9,87%), exibidos na Figura 6B. De fato, artigos são a base da escrita de revisões científicas, portanto para qualquer assunto esta deve ser naturalmente a categoria mais encontrada. No entanto, para o caso de autores brasileiros podemos observar uma pequena diferença no percentual de artigos e de revisões quando comparado ao perfil de publicações mundiais. Revisões de literatura são em sua maioria escritas por autores consolidados com um amplo e consolidado conhecimento no assunto. Dessa forma, acreditamos que exista essa diferença devido ao fato da pesquisa com *Caenorhabditis elegans* no Brasil ter surgido com duas décadas de atraso em relação ao mundo, fato que pode contribuir para uma menor porcentagem de publicações de artigos de revisão quando comparado com o mundo. Corroborando com isso, verificamos que o Brasil se encontra apenas na 22^a. posição entre os países que mais publicam artigos de revisão e encontra-se na 15^a. posição dos países que mais publicam artigos (Figura 7).

Figura 6 – (A) Total de tipos de publicações encontradas na plataforma SCOPUS em *Caenorhabditis elegans* por ano. (B) Total de tipos de publicações encontradas na plataforma SCOPUS com autores brasileiros em *Caenorhabditis elegans* por ano.

Publicações em *Caenorhabditis elegans*



Publicações com Autores Brasileiros

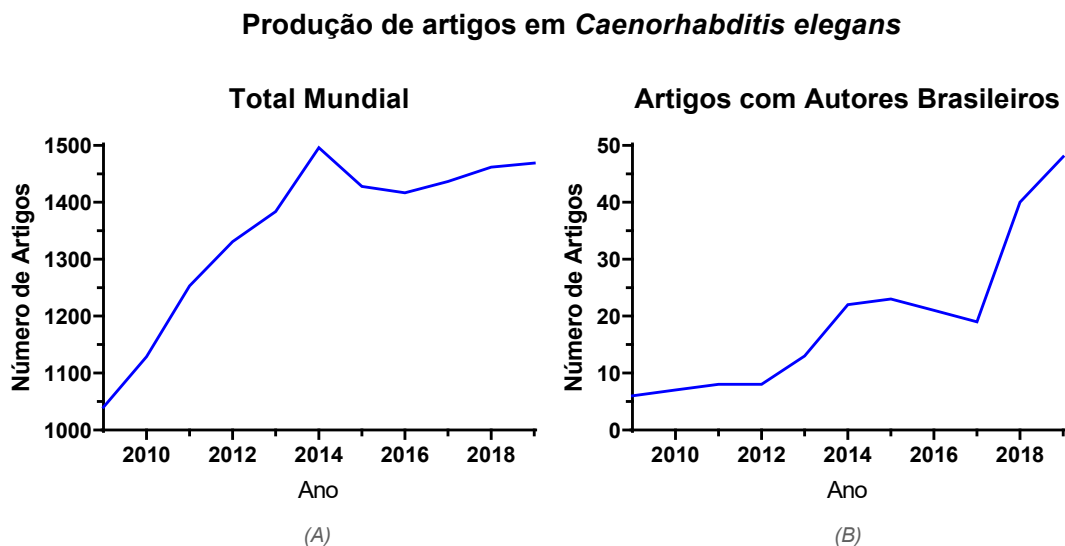


Fonte: Próprio autor.

Direcionando o foco somente para a publicação de artigos nos últimos dez anos sobre o tema é possível identificar o mesmo pico de produção em 2014 e uma queda acentuada nos anos seguintes. De forma similar, a produção total no assunto apresentou uma tendência de recuperação nos últimos três anos (Figura 7A). Em contrapartida, na produção de artigos com autores brasileiros percebemos um crescimento até 2015 com uma pequena queda nos dois anos seguintes (2016 e 2017)

seguido por uma forte ascensão no número de artigos publicados a partir de 2017, conforme apresentado na Figura 7B.

Figura 7 – (A) Total de artigos encontrados na plataforma SCOPUS em *Caenorhabditis elegans* por ano, de 2009 a 2019. (B) Total de artigos encontrados na plataforma SCOPUS com autores brasileiros em *Caenorhabditis elegans* por ano, de 2009 a 2019.



Fonte: Próprio autor.

Verificando também a relevância e a visibilidade científica dos artigos publicados nos últimos dez anos através da média do FI e das citações recebida (Figuras 8 e 9 respectivamente), é possível observar na figura 8A que a média do FI dos artigos de produção mundial apresenta estabilidade, com uma pequena queda entre 2009 e 2010. Em publicações com autores brasileiros, percebemos uma queda mais acentuada nos dois primeiros anos quando comparado com o perfil de publicações mundiais sobre o tema. Já nos anos seguintes, apesar de pequenas oscilações, o FI dos artigos com autores brasileiros permanece estável (Figura 8B).

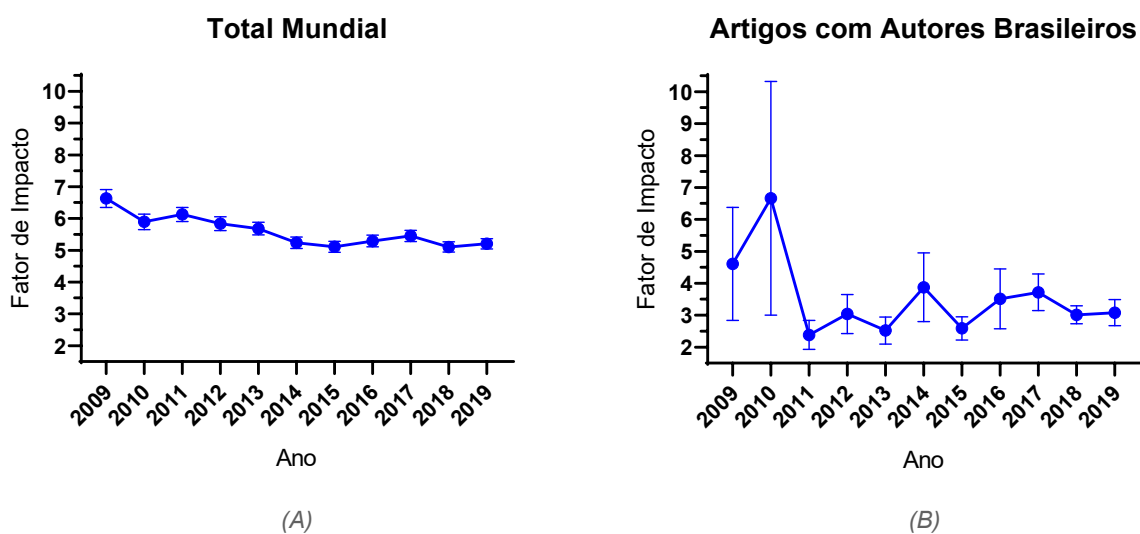
É possível observar uma diferença do FI dos artigos publicados mundialmente quando comparado aos de autoria de brasileiros a partir de 2011. Esse fenômeno é observado em diversas áreas e assuntos de pesquisa e, embora não se tenha uma única razão para tal fato, é possível sugerir que um dos fatores envolvidos sejam os recursos financeiros. Mesmo nos anos de maior investimento em pesquisa no Brasil, os valores não são comparáveis ao aporte que países como Estados Unidos, China e países da União Europeia investem em seus pesquisadores. Além disso, desde 2015 o Brasil vem diminuindo progressivamente o investimento em ciência, o que já pode

estar afetando o impacto das publicações (RIBEIRO *et al.*, 2020). Ainda, o fato de a maioria dos artigos de autores brasileiros ser em pesquisa de base, também pode ao menos em parte explicar este fenômeno. Outro aspecto importante sobre a visibilidade e relevâncias das publicações se dá pelo “o quê”, de fato é publicado pelos autores, ou seja, quais as áreas, ou assuntos em que se publica. De fato, é conhecido que determinadas áreas são mais citadas que outras, ou ainda, possuem um padrão temporal diferente de citação. Como as citações influenciam diretamente no FI, esses fatores modulam diretamente o FI de determinadas áreas (referencia). Contudo, esse tema será abordado posteriormente em nossa discussão (Figuras 14 a 17).

Foi também verificada nesse estudo média de citações por artigo (MCA) Figura 9B, fator importante na inferência de visibilidade a trabalhos científicos. A MCA apresentou um comportamento similar ao FI ao compararmos os artigos mundiais e artigos produzidos por autores brasileiros, onde os artigos produzidos por pesquisadores brasileiros apresentam pouco mais da metade (53,84%) do total de citações encontrado em artigos mundiais sobre o tema.

Figura 8 – (A) Média de Fator de impacto do total de artigos encontrados na plataforma SCOPUS em *Caenorhabditis elegans* por ano, de 2009 a 2019. (B) Média de Fator de impacto do total de artigos encontrados na plataforma SCOPUS com autores brasileiros em *Caenorhabditis elegans* por ano, de 2009 a 2019.

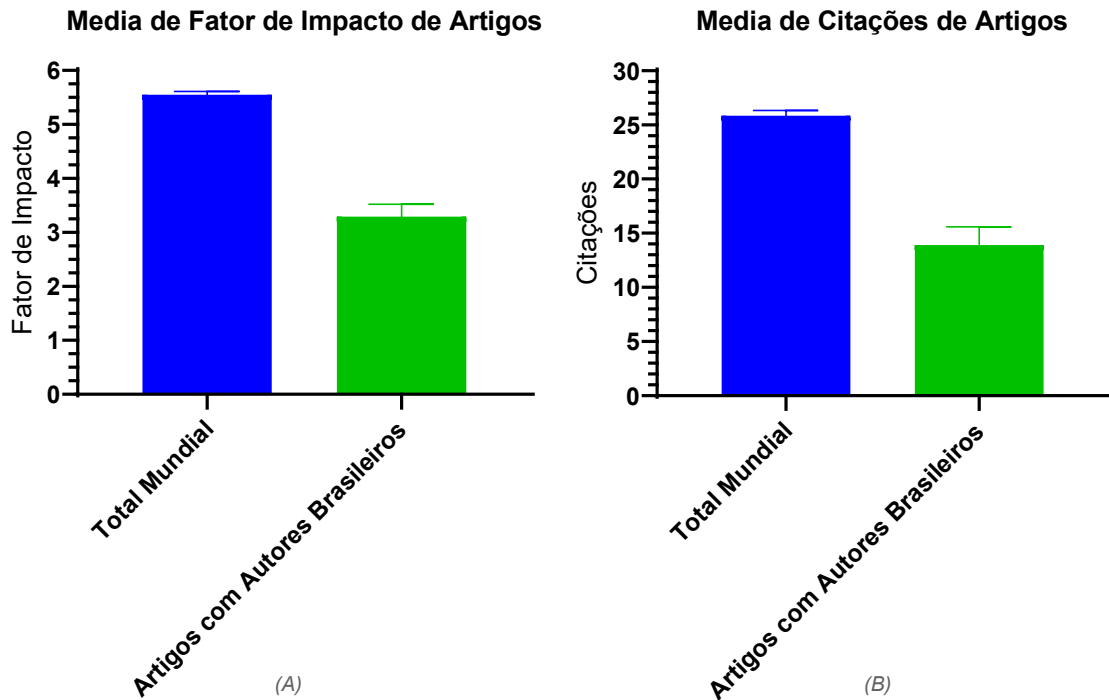
Fator de Impacto de artigos com *Caenorhabditis elegans*



Fonte: Próprio autor.

Figura 9 – (A) Média total de Fator de impacto dos artigos encontrados na plataforma SCOPUS em *Caenorhabditis elegans* de 2009 a 2019, em azul a média para todos os artigos e em verde a média somente para artigos com autores brasileiros. (B) Média total de citações dos artigos encontrados na plataforma SCOPUS em *Caenorhabditis elegans* de 2009 a 2019, em azul a média para todos os artigos e em verde a média somente para artigos com autores brasileiros.

Publicações de Artigos com *Caenorhabditis elegans* 2009 - 2019



Fonte: Próprio autor.

Uma das limitações de um estudo cientométrico é a incapacidade de adquirir informações provenientes do conteúdo de publicações estudadas. Para contornar essa limitação foi realizada também a visualização e análise dos resumos encontrados utilizando o programa IRAMUTEQ, utilizando na criação de cada *corpus textual* os resumos de todas as publicações sobre o tema. A primeira análise foi a contagem de palavras mais utilizadas, que normalmente revela ocorrência dos conceitos que foram mais relacionados com o tema pesquisado, possibilitando uma visualização mais geral sobre o direcionamento de ideias encontradas a nível mundial e nacional. Dessa forma, foi possível identificar uma diferença já na segunda palavra mais utilizada. Porém, uma diferença mais expressiva, com a ocorrência de palavras não pertencentes à lista de quinze mais comuns, só acontece a partir da oitava posição

(Tabela 1). Outra forma de visualização muito utilizada para esse tipo de informação é a nuvem de palavras, que nos permite demonstrar a frequência das palavras em sua totalidade, exibida aqui na Figura 10.

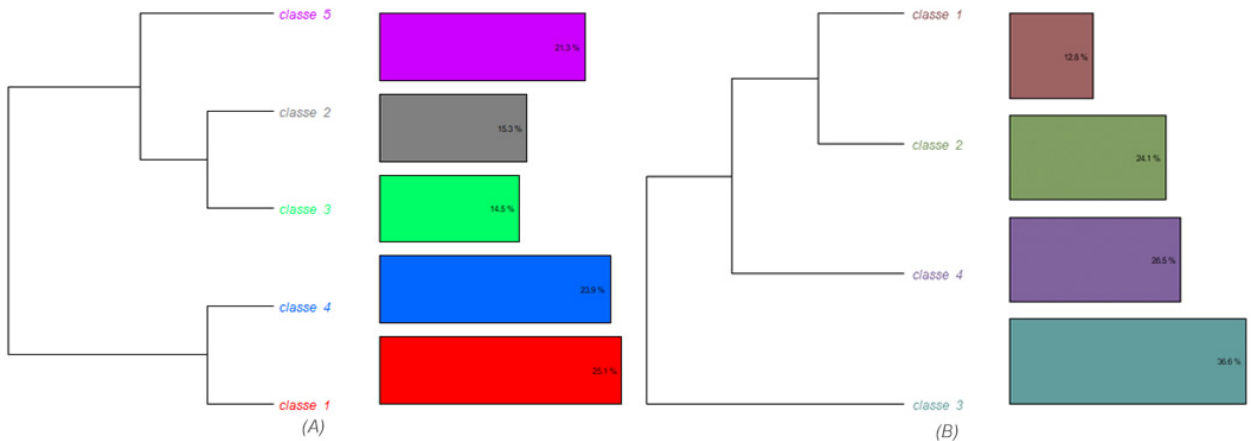
Tabela 1 – Classificação da frequência de palavras encontradas nos resumos dos artigos pesquisados. A coluna “mundial” exhibe as palavras mais frequentes encontradas no total dos resumos. A coluna “com autores brasileiros” exhibe as palavras mais frequentes encontradas no total dos resumos de publicações de autores brasileiros.

Ordem	Mundial	Com Autores Brasileiros
1º	Elegans	Elegans
2º	Cell	Protein
3º	Gene	Gene
4º	Protein	Study
5º	Caenorhabditis	Cell
6º	Function	Caenorhabditis
7º	Study	Show
8º	Show	Effect
9º	Nematode	Model
10º	Expression	Worm
11º	Result	Nematode
12º	Model	Result
13º	Mutant	Activity
14º	Signal	Increase
15º	Suggest	Strain

Fonte: Próprio autor.

a classe 1 uma ramificação ou especialização da classe 2, ao visto que a porcentagem de representatividade do *corpus textual* é quase o dobro da classe 1 (Figura 11B).

Figura 11 – (A) Visualização das cinco classes encontradas por Método de Reinert nos resumos do total de publicações em *Caenorhabditis elegans*, a esquerda é exibida a relação entre as classes. (B) Visualização das quatro classes encontradas por Método de Reinert nos resumos do total de publicações em *Caenorhabditis elegans* com autores brasileiros, a esquerda é exibida a relação entre as classes.



Fonte: Próprio autor.

Para nomear as classes encontradas a partir da figura 7, contamos com um auxílio de pesquisadores no assunto *Caenorhabditis elegans*. Dessa forma, ao menos dois pesquisadores analisaram de forma independente as categorias emergentes reduzindo assim o risco de viés (Tabela 2).

Tabela 2 – A tabela exibe na primeira coluna a classe encontrada, na segunda coluna o nome atribuído pelos pesquisadores à classe e na terceira coluna a porcentagem de resumos do corpus textual que se enquadram naquela classe. A primeira parte da tabela informa as classes provenientes do corpus textual gerado a partir de todos os resumos de publicações em *Caenorhabditis elegans*, já a segunda parte informa as classes provenientes do corpus textual gerado a partir dos resumos das publicações em *Caenorhabditis elegans* com autores brasileiros.

Mundial

	Nome Atribuído	Porcentagem
Classe 1	Metodologias, Validação de Métodos	25,1%
Classe 2	Sinalização Celular	15,3%
Classe 3	Neurologia, Sistema Nervoso	14,5%
Classe 4	Estresse Oxidativo	23,9%
Classe 5	Biologia Molecular	21,3%

Com Autores Brasileiros

	Nome Atribuído	Porcentagem
Classe 1	Interações Patógeno - Hospedeiro	12,8%
Classe 2	Farmacologia	24,1%
Classe 3	Biologia Molecular, Genética	36,6%
Classe 4	Estresse Oxidativo, Sistema Redox	26,5%

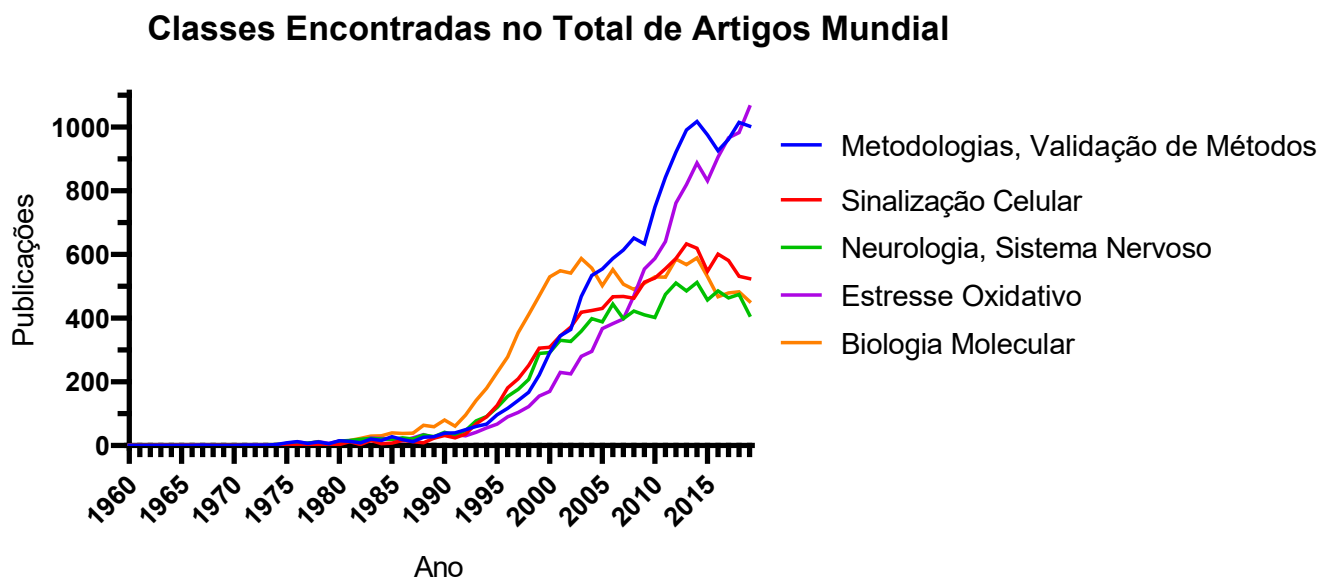
Fonte: Próprio autor.

Outra forma de observar a diferenciação e conteúdo dessas classes que o programa IRAMUTEQ provê é a análise fatorial por correspondência, onde a distância entre palavras representa proximidade ou divergência de ideias e as palavras mais utilizadas aparecem em maior tamanho com sua cor, identificando a classe pertencente. Assim, é possível observar as inter-relações, peculiaridades e diferenciações entre as classes no plano cartesiano (Figura 12).

padrões principais de escrita (Figura 12B). A classe *Biologia Molecular, Genética* está bem distante das outras indicando pouca ou nenhuma interação, já a classe *Estresse Oxidativo, Sistema Redox* mesmo representando um padrão textual diferenciado, possui uma área de sobreposição com a classe *Farmacologia*. Por fim as classes *Farmacologia* e *Interações Patógeno – Hospedeiro* parecem sendo utilizadas em um único contexto principal, porém pela pouca sobreposição entre as classes e maior distância do ponto central cartesiano, a classe *Interações Patógeno – Hospedeiro* aparenta estar sendo utilizada como uma especialização ou especificação da classe *Farmacologia*.

As classes das publicações mundiais e com autores brasileiros em *Caenorhabditis elegans*, apresentam também padrões distintos de quantidade de número de artigos publicados ao longo dos anos (Figuras 13 A e B). É importante notar que para as publicações Mundiais a tendência parece bem definida indicando as classes *metodologias, validação de métodos* e *estresse oxidativo* como dominantes atualmente. Para publicações com pesquisadores brasileiros a mesma tendência aparece, porém para as classes *farmacologia* e *estresse oxidativo, sistema redox* indicando que em relação ao tema estresse oxidativo o brasil parece acompanhar a tendência mundial de publicação para *Caenorhabditis elegans*.

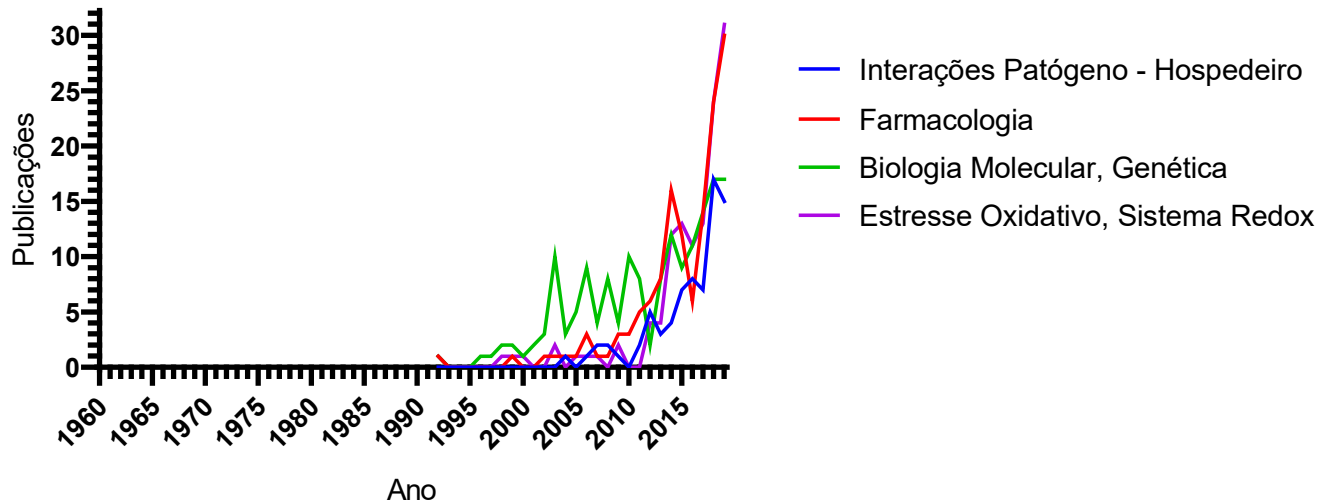
Figura 13A – Quantidade de publicações por ano, de cada uma das classes encontradas através do método de Reinert nos resumos do total de publicações em *Caenorhabditis elegans*.



Fonte: Próprio autor.

Figura 13B – Quantidade de publicações por ano, de cada uma das classes encontradas através do método de Reinert nos resumos do total de publicações em *Caenorhabditis elegans* com autores brasileiros.

Classes Encontradas em Artigos com Autores Brasileiros



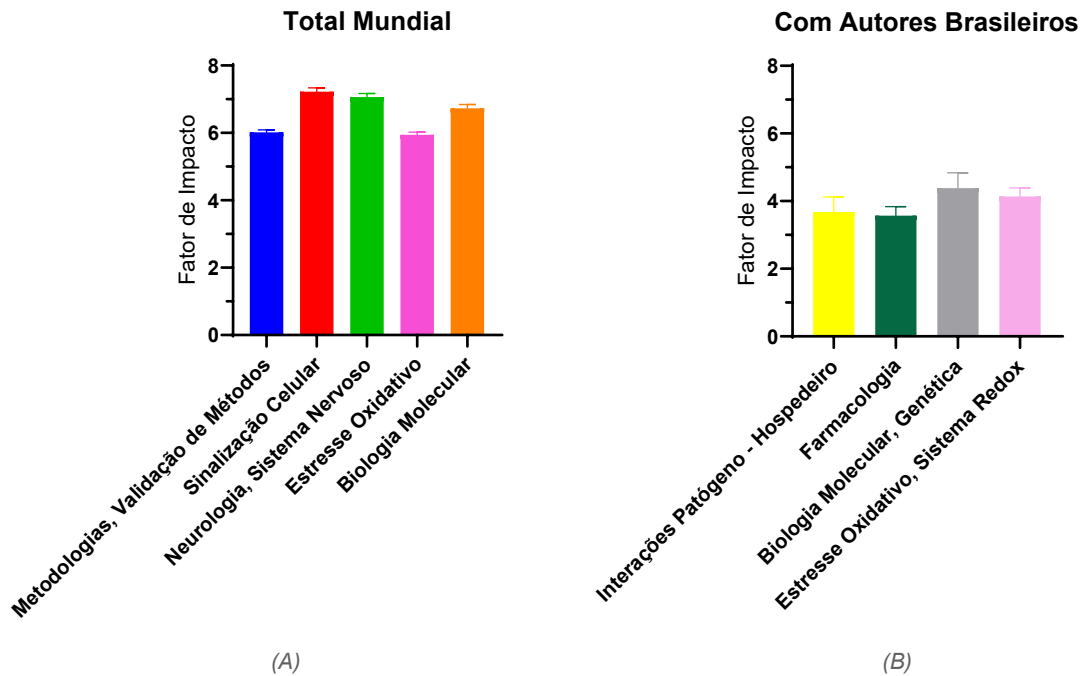
Fonte: Próprio autor.

Para avaliar se existem diferenças na relevância e visibilidade das publicações entre as classes no Mundo e com autores brasileiros, analisamos a MCA e a MFI (Figuras 14 e 15). Como esperado, ao comparar a MCA e o MFI nas publicações mundiais e com autores brasileiros, foi observado um padrão semelhante entre as classes, indicando uma clara relação entre esses fatores de visibilidade e relevância. Ainda, os dados mostram que as classes *Sinalização Celular* e *Biologia Molecular* são as classes com maior visibilidade/relevância nos artigos mundiais (Figuras 14A e 15A). E nas publicações com autores brasileiros a classe com maior visibilidade/relevância é *Biologia Molecular e Genética* (Figuras 14B e 15B). Dessa forma, estes dados sugerem que publicações com *Caenorhabditis elegans* nestas áreas ou campos de pesquisa tem uma maior visibilidade/relevância científica. A classe com menor visibilidade/relevância no mundo e nas publicações com brasileiros é *Estresse Oxidativo* (Figura 14A e 15A), curiosamente uma das classes com maior número de publicações para ambos, tanto mundiais quanto com autores brasileiros (Figura 13).

Todavia, quando analisados em conjunto as publicações (Figura 13) e os dados de relevância/visibilidade (Figuras 14 e 15) nestas classes, verifica-se que as publicações com artigos de autores brasileiros não apresentam algumas categorias

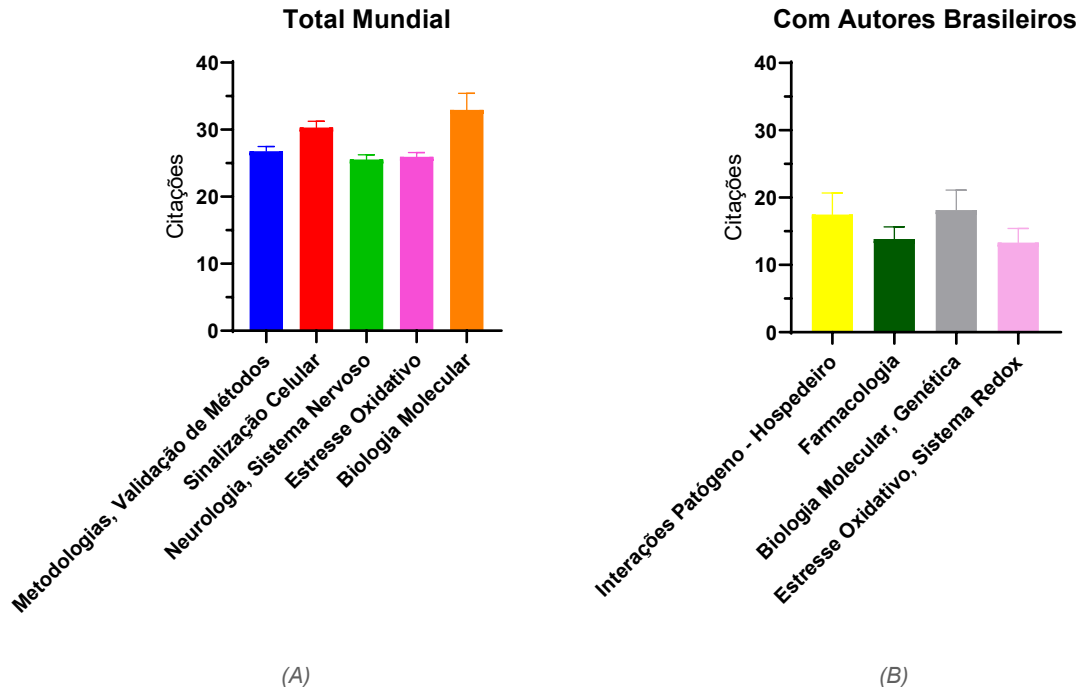
vistas nas publicações mundiais, tais como; *Sinalização Celular e Neurologia*. Essa diferença de característica entre as publicações pode, em parte, explicar o fato das MCA e MFI das publicações com autores brasileiros serem menores quando comparado as mundiais (Figuras 8 e 9). Porém, muito provavelmente devem existir outros fatores intrínsecos que influenciam a diferença ente MCA e MFI entre as publicações mundiais e com autores brasileiros demonstradas neste trabalho.

Figura 14 – Fator de Impacto médio das publicações de cada uma das classes encontradas através do método de Reinert. (A) Nos resumos do total de publicações em *Caenorhabditis elegans*. (B) Nos resumos do total de publicações em *Caenorhabditis elegans* com autores brasileiros.



Fonte: Próprio autor.

Figura 15 – Média de citações das publicações de cada uma das classes encontradas através do método de Reinert. (A) Nos resumos do total de publicações em *Caenorhabditis elegans*. (B) Nos resumos do total de publicações em *Caenorhabditis elegans* com autores brasileiros.



Fonte: Próprio autor.

6.2 Pesquisadores

A pesquisa científica provém da curiosidade, inteligência e dedicação humana na interminável tarefa de decifrar, descrever e catalogar a existência a sua volta. Ao centro dessa cruzada está a figura do pesquisador, cujo os esforços são determinantes na velocidade de expansão do conhecimento científico da sociedade. Desse modo, identificar o perfil de produção científica de pesquisadores é de extrema importância não só para conhecer padrões, hábitos e desempenho de uma determinada área, mas também para visualizar a estrutura da passagem de conhecimento entre gerações, já que a grande maioria dos pesquisadores brasileiros é também professor em instituições de ensino de nível superior.

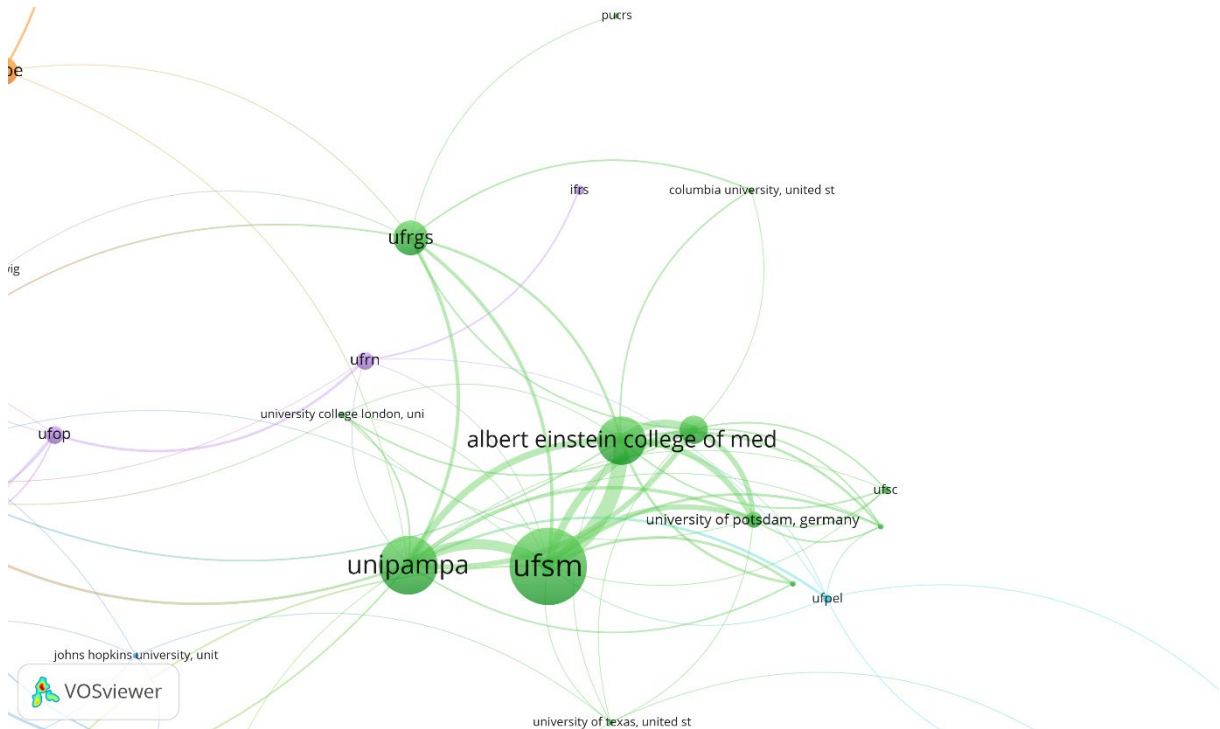
Nas 314 publicações com autores brasileiros sobre *Caenorhabditis elegans* foram encontrados 1608 autores no total, mas somente 870 (54%) deles possuíam afiliações em instituições brasileiras nos dados provenientes da plataforma SCOPUS. Refinando esses dados para padronizar uma quantidade considerável de formas de

Heidelberg University, Alemanha	5	17	2018,6
Inra, França *	4	102	2017,5
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA)	3	87	2013,67
Instituto Butantan (BUTANTAN)	3	108	2011
Instituto Serrapilheira (SERRAPILHEIRA)	3	13	2018,67
Universidade Católica de Brasília (UCB)	3	29	2013
Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP)	3	7	2018,67
Ano Médio De Publicações do Cluster			2013,38

*Os valores aqui apresentados para instituições estrangeiras refletem somente seus perfis de publicação em parcerias com instituições nacionais em *Caenorhabditis elegans*, não necessariamente abrangendo a total relevância de cada uma delas no cenário internacional sobre o tema.

Fonte: Próprio autor.

Figura 18 – Cluster ou grupo colaborativo 2, exibido em cor verde na imagem. O tamanho dos círculos indica a quantidade de publicações encontradas sob a autoria da instituição e a espessura das linhas de ligação entre instituições representa a intensidade de colaboração entre os centros de pesquisa.



Fonte: Próprio autor.

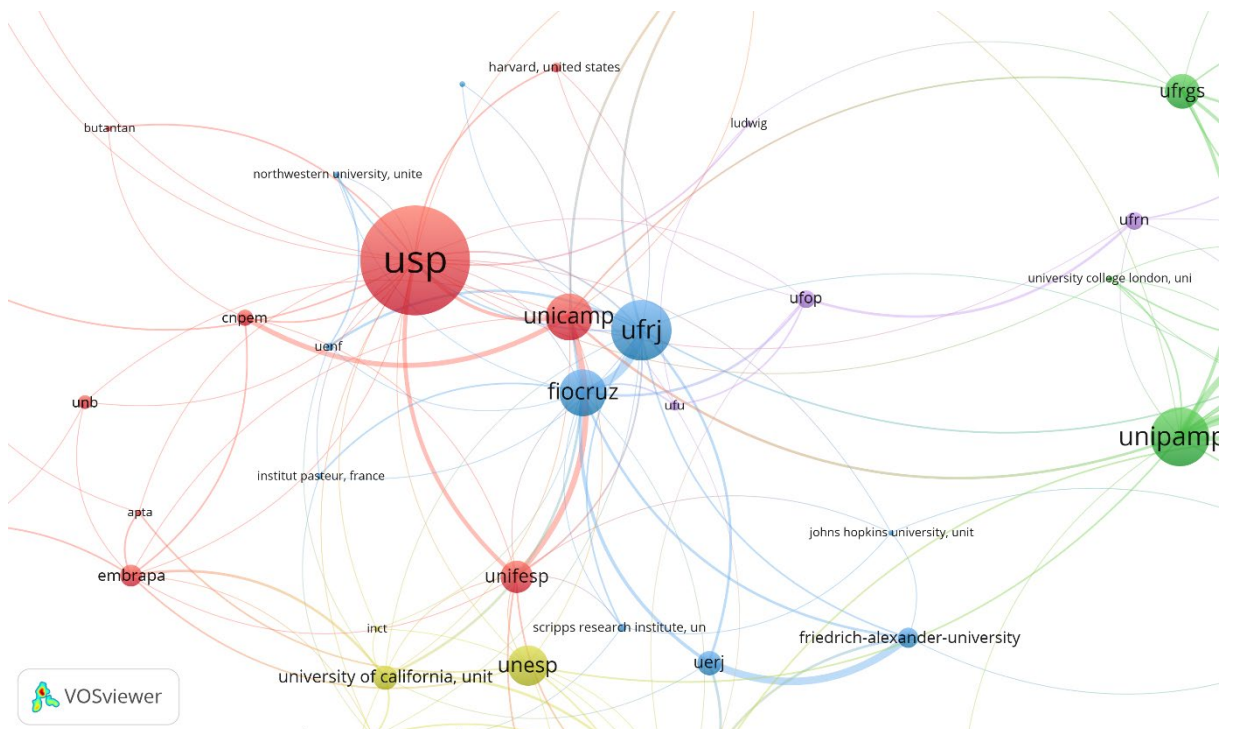
Tabela 4 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 2. Na primeira coluna o nome da instituição e sua sigla, na segunda coluna o somatório das publicações com autores dessa instituição, na terceira coluna o somatório das citações dessas publicações e na quarta coluna a média das datas de publicação da instituição escrita em formato numérico de ano, forte indicador de período de atividade do cluster.

Instituição	Publicações	Citações	Ano Médio
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	38	315	2016,84
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)	29	326	2016,48
Albert Einstein College Of Medicine, Estados Unidos*	24	364	2014,92
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	17	160	2013
Vanderbilt University, Estados Unidos*	14	239	2014
University Of Potsdam, Alemanha*	8	64	2017,37
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	4	100	2014,75
Columbia University, Estados Unidos*	3	227	2003,67
Instituto Nacional De Neurología Y Neurocirugía, Mexico*	3	12	2018
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)	3	12	2016
Universidad De Sevilla, Espanha*	3	27	2018
University College London, Reino Unido*	3	60	2015,33
University Of Texas, Estados Unidos*	3	55	2017,33
Ano Médio de Publicações do Cluster			2015,5

*Os valores aqui apresentados para instituições estrangeiras refletem somente seus perfis de publicação em parcerias com instituições nacionais em *Caenorhabditis elegans*, não necessariamente abrangendo a total relevância de cada uma delas no cenário internacional sobre o tema.

Fonte: Próprio autor.

Figura 19 – Cluster ou grupo colaborativo 3, exibido em cor azul na imagem. O tamanho dos círculos indica a quantidade de publicações encontradas sob a autoria da instituição e a espessura das linhas de ligação entre instituições representa a intensidade de colaboração entre os centros de pesquisa.



Fonte: Próprio autor.

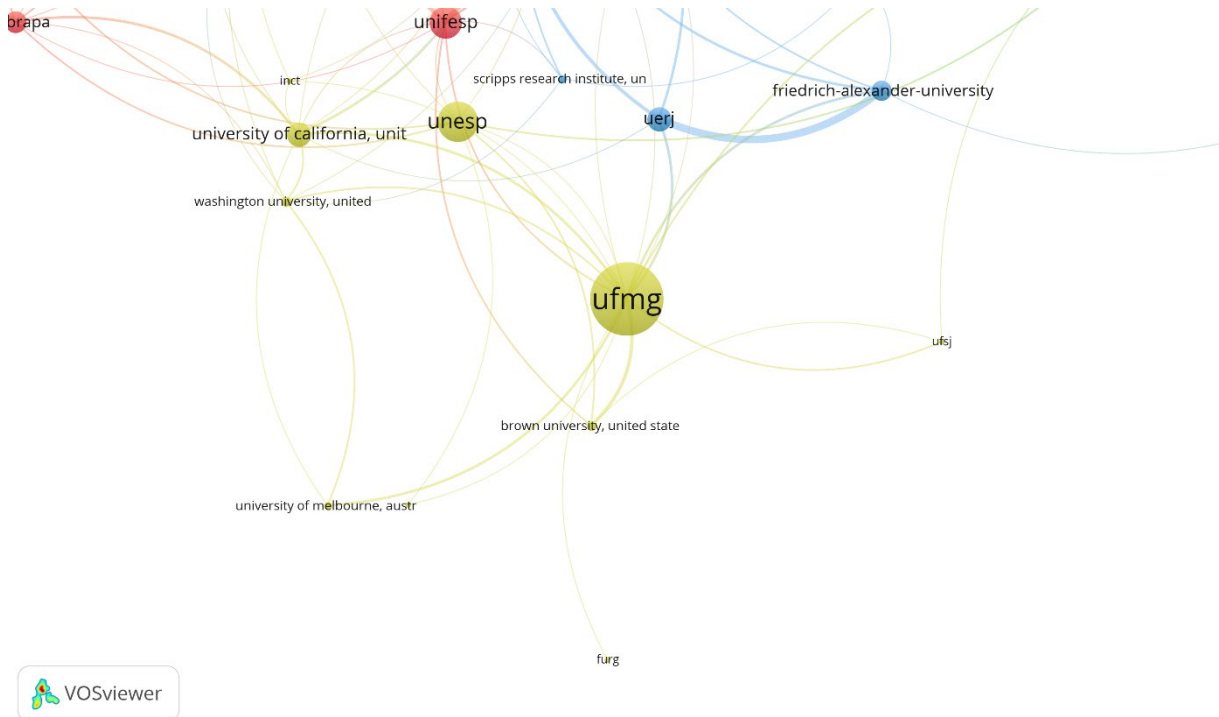
Tabela 5 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 3. Na primeira coluna o nome da instituição e sua sigla, na segunda coluna o somatório das publicações com autores dessa instituição, na terceira coluna o somatório das citações dessas publicações e na quarta coluna a média das datas de publicação da instituição escrita em formato numérico de ano, forte indicador de período de atividade do cluster.

Instituição	Publicações	Citações	Ano Médio
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	30	473	2008,83
Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ)	23	336	2009,65
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)	12	65	2016,75
Friedrich-Alexander-University, Alemanha*	10	54	2017,3
Scripps Research Institute, Estados Unidos*	4	89	2013,5
Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)	4	50	1998,25
Institut Pasteur, France*	3	121	2002,33
Johns Hopkins University, Estados Unidos*	3	39	2017,67
Northwestern University, Estados Unidos*	3	28	2004
University Of Maryland, Estados Unidos*	3	236	2015,33
Ano Médio de Publicações do Cluster			2010,8

*Os valores aqui apresentados para instituições estrangeiras refletem somente seus perfis de publicação em parcerias com instituições nacionais em *Caenorhabditis elegans*, não necessariamente abrangendo a total relevância de cada uma delas no cenário internacional sobre o tema.

Fonte: Próprio autor.

Figura 20 – Cluster ou grupo colaborativo 4, exibido em cor amarela na imagem. O tamanho dos círculos indica a quantidade de publicações encontradas sob a autoria da instituição e a espessura das linhas de ligação entre instituições representa a intensidade de colaboração entre os centros de pesquisa.



Fonte: Próprio autor.

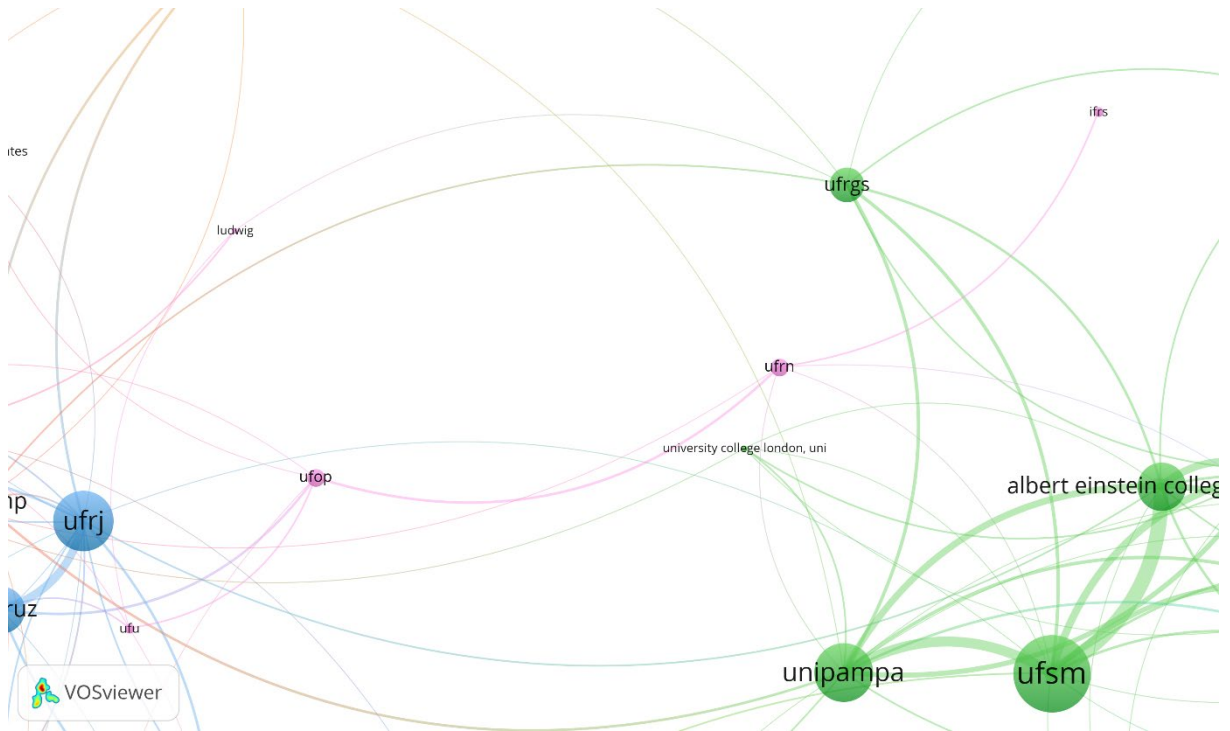
Tabela 6 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 4. Na primeira coluna o nome da instituição e sua sigla, na segunda coluna o somatório das publicações com autores dessa instituição, na terceira coluna o somatório das citações dessas publicações e na quarta coluna a média das datas de publicação da instituição escrita em formato numérico de ano, forte indicador de período de atividade do cluster.

Instituição	Publicações	Citações	Ano Médio
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	36	396	2013,28
Universidade Estadual Paulista (UNESP)	20	447	2014,35
University Of California, Estados Unidos*	12	449	2013,5
Brown University, Estados Unidos*	5	40	2017,8
Washington University, Estados Unidos*	5	310	2010,8
University Of Melbourne, Austrália*	4	178	2013,25
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)	3	3	2019
Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT)	3	66	2014,33
Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)	3	20	2016
Universidade Federal de Viçosa (UFV)	3	16	2017,67
Ano Médio de Publicações do Cluster			2014,09

*Os valores aqui apresentados para instituições estrangeiras refletem somente seus perfis de publicação em parcerias com instituições nacionais em *Caenorhabditis elegans*, não necessariamente abrangendo a total relevância de cada uma delas no cenário internacional sobre o tema.

Fonte: Próprio autor.

Figura 21 – Cluster ou grupo colaborativo 5, exibido em cor rosa na imagem. O tamanho dos círculos indica a quantidade de publicações encontradas sob a autoria da instituição e a espessura das linhas de ligação entre instituições representa a intensidade de colaboração entre os centros de pesquisa.



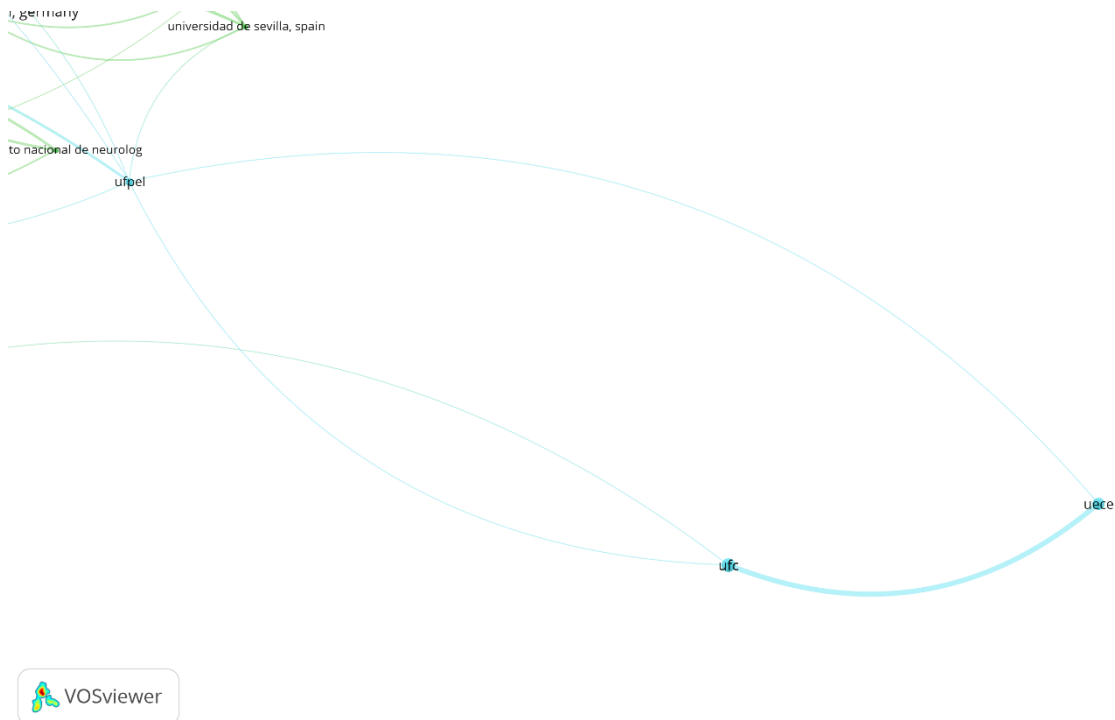
Fonte: Próprio autor.

Tabela 7 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 5. Na primeira coluna o nome da instituição e sua sigla, na segunda coluna o somatório das publicações com autores dessa instituição, na terceira coluna o somatório das citações dessas publicações e na quarta coluna a média das datas de publicação da instituição escrita em formato numérico de ano, forte indicador de período de atividade do cluster.

Instituição	Publicações	Citações	Ano Médio
Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)	9	255	2013,44
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)	9	48	2017
instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS)	5	10	2018,8
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)	5	25	2012,6
Ludwig	3	42	2006
Ano Médio de Publicações do Cluster			2014,48

Fonte: Próprio autor.

Figura 22 – Cluster ou grupo colaborativo 6, exibido em cor azul na imagem. O tamanho dos círculos indica a quantidade de publicações encontradas sob a autoria da instituição e a espessura das linhas de ligação entre instituições representa a intensidade de colaboração entre os centros de pesquisa.



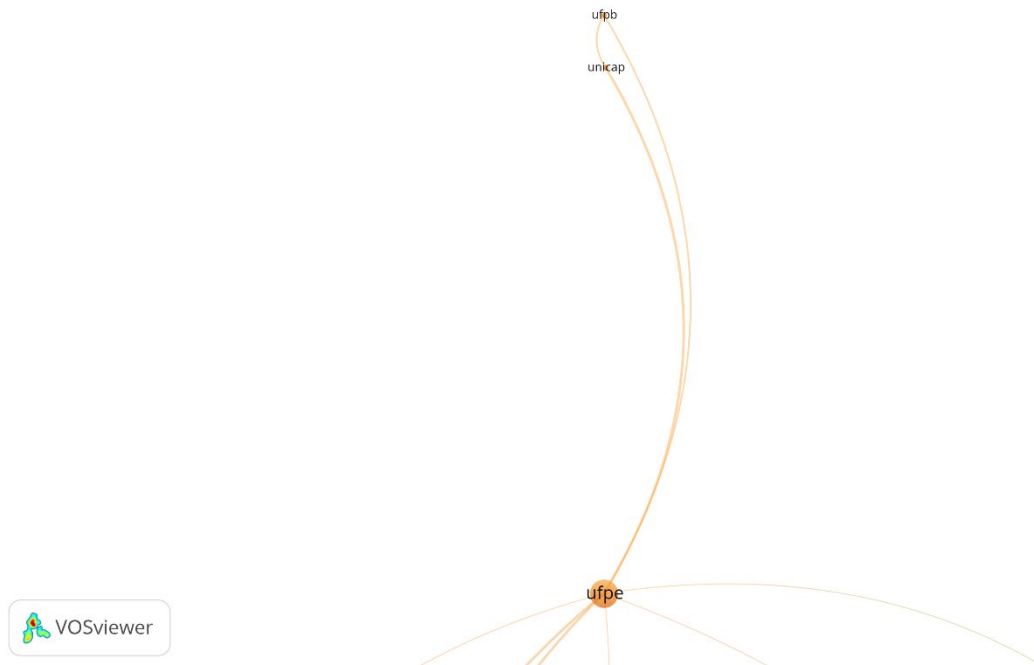
Fonte: Próprio autor.

Tabela 8 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 6. Na primeira coluna o nome da instituição e sua sigla, na segunda coluna o somatório das publicações com autores dessa instituição, na terceira coluna o somatório das citações dessas publicações e na quarta coluna a média das datas de publicação da instituição escrita em formato numérico de ano, forte indicador de período de atividade do cluster.

Instituição	Publicações	Citações	Ano Médio
Universidade Federal do Ceará (UFC)	7	72	2017,57
Universidade Estadual do Ceará (UECE)	6	50	2017,5
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)	4	48	2017
Ano Médio de Publicações do Cluster			2017,41

Fonte: Próprio autor.

Figura 23 – Cluster ou grupo colaborativo 7, exibido em cor laranja na imagem. O tamanho dos círculos indica a quantidade de publicações encontradas sob a autoria da instituição e a espessura das linhas de ligação entre instituições representa a intensidade de colaboração entre os centros de pesquisa.



Fonte: Próprio autor.

Tabela 9 – Descrição do cluster ou grupo colaborativo 7. Na primeira coluna o nome da instituição e sua sigla, na segunda coluna o somatório das publicações com autores dessa instituição, na terceira coluna o somatório das citações dessas publicações e na quarta coluna a média das datas de publicação da instituição escrita em formato numérico de ano, forte indicador de período de atividade do cluster.

Instituição	Publicações	Citações	Ano Médio
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	14	201	2009,43
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)	3	63	2010
Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP)	3	78	2011,67
Ano Médio de Publicações do Cluster			2009,85

Fonte: Próprio autor.

Característica recorrente nos resultados apresentados até este ponto, o alto grau de internacionalidade nas colaborações da produção total de autores brasileiros em *Caenorhabditis elegans*, aqui presente no número de instituições estrangeiras encontradas (17 instituições) e em suas posições de relevância já que os 4 cluster principais encontrados possuem instituições estrangeiras, inclusive em posições de destaque tanto em produção quanto em colaboração.

A maioria das universidades apresentam uma grande quantidade de ligações, o que sugere um alto nível de colaboração na área entre instituições brasileiras, sendo que a classificação em ordem decrescente por força colaborativa mostra UFSM, Albert Einstein College Of Medicine, UNIPAMPA e Vanderbilt University, respectivamente como os centros de produção científica com maior tendência colaborativa, todas pertencentes ao cluster 2, o que indica já uma característica desse grupo de colaboração.

Em número bruto de publicações as instituições que mais se destacam USP, UFSM, UFMG, UFRJ e UNIPAMPA respectivamente. As quatro primeiras são líderes de produção e conseqüentemente o núcleo central de seus clusters, porém a quinta (UNIPAMPA) é a segunda do cluster 2, indicando uma possível mudança no padrão de publicação de seu cluster ou do cluster 3 (ao qual pertence a UFRJ), pois essas duas instituições possuem quantidades muito próximas de publicações.

Quanto a linha temporal do perfil de publicação, quase todos os grupos de coautoria encontrados mostram atividade recente (Figura 21), com ao menos uma instituição integrante possuindo ano médio de publicação 2017 ou acima, sendo o cluster 7 a única exceção. Nessa categoria o cluster 6 se destaca com o maior ano médio de publicação, 2017,48.

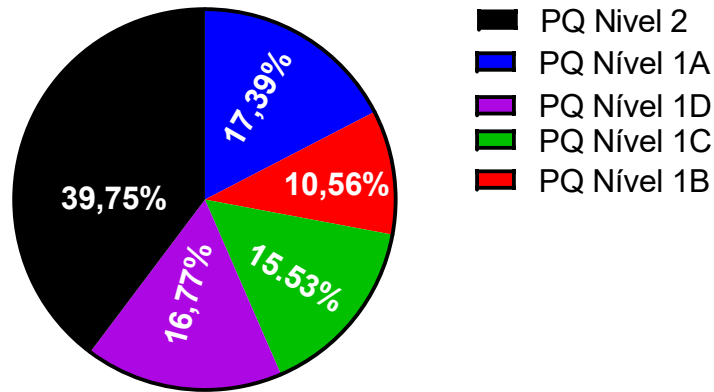
Os clusters de 1 a 4 representam grupos de colaboração científica já bem consolidados, alto grau de internacionalidade e maiores números de publicações, porém ao relacionarmos informações temporais é possível identificar um padrão de desaceleração na produção dos clusters 1,3 e 4, deixando então o cluster 2 como a rede de colaboração consolidada mais relevante atualmente. Já os clusters de 5 a 7 representam possibilidades diferentes no padrão de colaboração da produção científica em *Caenorhabditis elegans* no Brasil, sendo que o cluster 7 mostra uma possibilidade que não se desenvolveu, o cluster 5 mostra uma tendência de reorganização inteira dada a situação temporal de sua instituição de maior colaboração e o cluster 6 apresenta uma possibilidade para o futuro, porém pelo baixo número de instituições e proximidade com o cluster 2 seja mais provável que em um futuro próximo haja assimilação, criando um grande grupo colaborativo atual em produção científica sobre o tema no país.

Com as informações de autoria foi executada então uma pesquisa exaustiva tanto na plataforma Lattes quanto na ferramenta de busca Google a procura dos endereços de currículos Lattes dos 830 pesquisadores brasileiros com publicações com *Caenorhabditis elegans*, a busca resultou em 705 (85,94%) currículos encontrados. A pequena porcentagem de currículos não encontrados pode ser explicada parcialmente pela participação de alunos de graduação nas publicações selecionadas, já que muitos deles acabam não seguindo uma carreira na academia depois de diplomados.

Sobre o perfil dos pesquisadores, foi identificado que 161 (22,84%) deles são bolsistas de produtividade do CNPQ. Esse fato mostra que um percentual grande de pesquisadores já consolidados e com produtividade em destaque a nível nacional. A figura 15 mostra a distribuição dos pesquisadores dentro de cada nível de produtividade. Esse dado corrobora com a ideia que no Brasil a pesquisa com *Caenorhabditis elegans* é feita por pesquisadores de excelência nacional. Contudo essa informação abre espaço para a discussão como a escolha da área de pesquisa influencia na ascensão científica dos pesquisadores no Brasil. Porém, o presente estudo não vislumbra a cerca desse tema, apenas evidencia a necessidade de mais estudos que busquem compreender como escolha da área de pesquisa pode influenciar a produtividade e vice versa.

Figura 25 – Distribuição de bolsas de produtividade do CNPQ entre pesquisadores brasileiros que já trabalharam com *Caenorhabditis elegans*.

Bolsistas de Produtividade CNPQ com Publicações em *Caenorhabditis elegans*



161 Pesquisadores

Fonte: Próprio autor.

Ao longo de suas carreias, esses pesquisadores participaram de 2411 projetos cadastrados na plataforma Lattes. Desses projetos 153 foram com o assunto *Caenorhabditis elegans*, e são responsáveis ao menos em parte, pela formação de 210 alunos de pós graduação (Tabela 10). Ainda é possível notar que a grande maioria desses projetos são em pesquisa, (95,42%) e apenas 6 (4%) em extensão.

Tabela 10 – Natureza e relação de alunos de projetos cadastrados na plataforma Lattes em *Caenorhabditis elegans* pelos cientistas pesquisados.

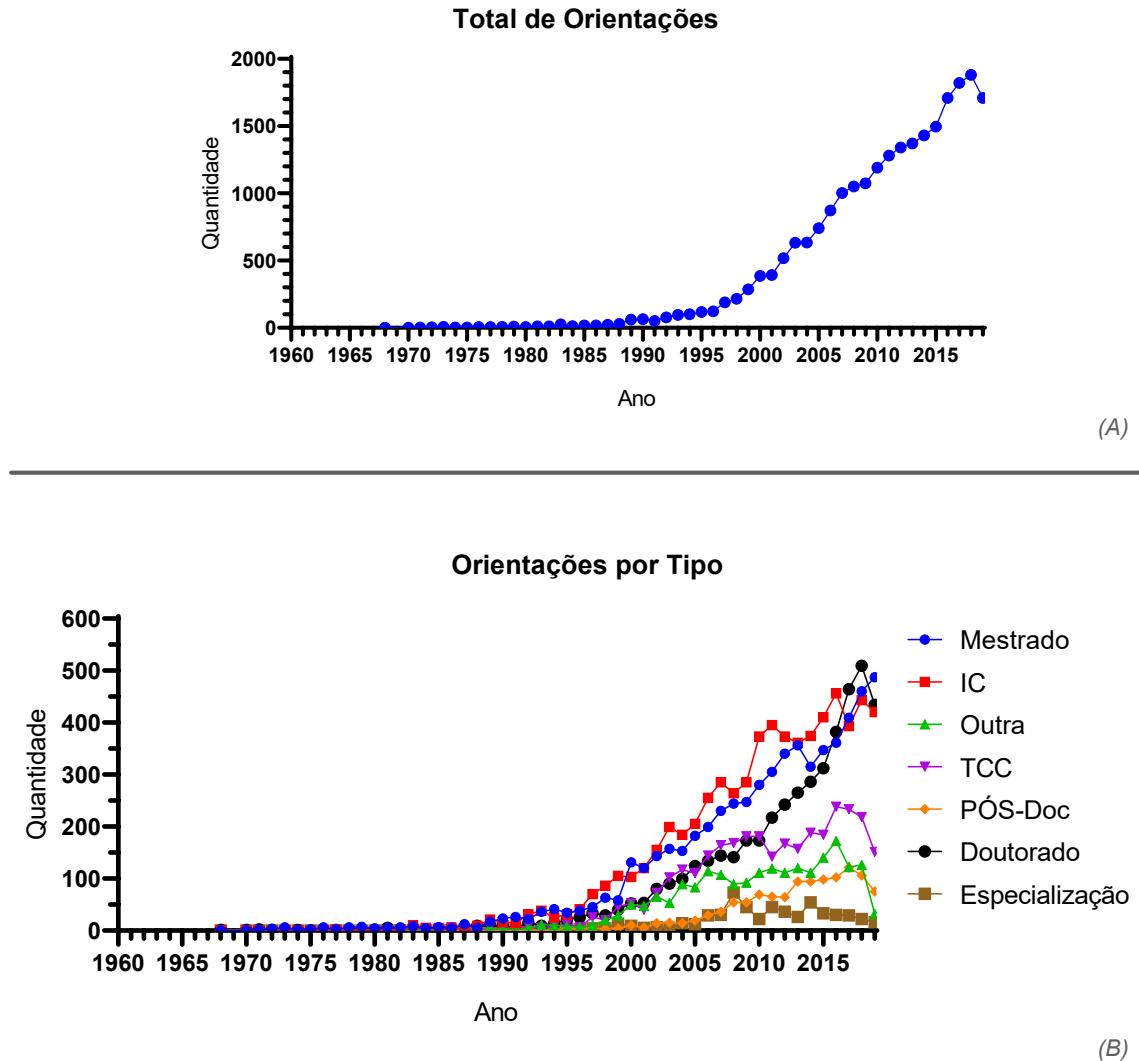
Natureza	Projetos	Alunos Graduação	Alunos Pós
Pesquisa	146	204	210
Extensão	6	7	16
Outra	1	4	0

Fonte: Próprio autor.

Ainda, focando mais especificamente na formação de novos pesquisadores foi possível identificar através da plataforma Lattes que esses 705 pesquisadores contribuíram para a formação de 24868 estudantes, nas distribuições exibidas na Figura 26.

Figura 26 – Distribuição de orientações por ano executadas ao longo de suas carreiras por pesquisadores brasileiros que já trabalharam com *Caenorhabditis elegans*. (A) Total de orientações por ano. (B) Quantidade por ano de cada um dos tipos de orientações encontrados.

Orientações de Pesquisadores com Publicações em *Caenorhabditis elegans*



Fonte: Próprio autor.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante os mais de dez mil anos em que a escrita acompanha a humanidade, evoluiu de uma mera pintura da voz para um agente cultural e social, tornando-se também a suprema ferramenta para o armazenamento e transferência do conhecimento humano (FISCHER, 2001). Uma parte importante desse conhecimento

é a ciência, que com seus processos metodológicos simples, porém rígidos, impulsionou a velocidade de aquisição de informação para a humanidade ao longo dos séculos, culminando nas tecnologias da informação disponíveis hoje que, por sua vez, fortalecem ainda mais o fluxo acelerado de geração de conhecimento em um ciclo progressivo crescente retroalimentado, gerando cada vez mais possibilidades de interação e controle para a raça humana no ambiente que a cerca.

Importante ressaltar que o crescimento de possibilidades de atuações humanas deve ser sempre acompanhado pelo entendimento ético e compreensão do total impacto de suas ações no ambiente, a fim de que possam ser escolhidos sempre os caminhos mais promissores para um futuro melhor. Um desses caminhos parece ser a redução de animais superiores em pesquisas científicas através da substituição por organismos modelo de menor complexidade como o *Caenorhabditis elegans*.

A adoção desse modelo em centros de pesquisas ao redor do mundo está bem estabelecida, apresentando uma comunidade científica heterogênea que, desde seu pico em 2014, produz em média 1874 publicações por ano divididas em uma variedade de áreas, sendo as que mais possuem registros *Bioquímica*, *Genética* e *Biologia Molecular*. Seus resumos corroboram com essa categorização já que quase um terço deles apresenta fortes ligações com sinalização celular neurológica e o restante está dividido quase igualmente entre validação de métodos, estresse oxidativo e biologia molecular. O assunto apresenta também boa visibilidade e relevância para pesquisa básica, identificados pelos valores médios encontrados de citação e fator de impacto de artigos (Figuras 8ª e 9A).

Em contrapartida, as pesquisas com *Caenorhabditis elegans* por autores brasileiros ainda não atingiram todo o seu potencial. A participação brasileira na produção científica mundial começou tímida, mas ficou em 2,78% no ano de 2019, com rápida ascensão nos anos anteriores. Seguiu também um perfil similar de áreas de publicação, porém seus resumos contam uma história diferente já que mais de um terço deles foram categorizados como biologia molecular, sendo seguido por sistema redox (uma área específica de estresse oxidativo) e farmacologia (Tabela 2). A diferença de foco pode explicar as baixas visibilidade e relevância científica relativas visualizadas, pois essas são áreas onde tradicionalmente são encontrados índices menores.

Porém o total potencial de uma área científica depende principalmente do tamanho e competência de sua comunidade de pesquisadores, nesse quesito as

pesquisas brasileiras com *Caenorhabditis elegans* apresentam excelente desempenho. Todos os quatro principais grupos colaborativos encontrados possuem um alto grau de internacionalização devido ao elevado número de instituições estrangeiras ativas integrantes e as instituições brasileiras também não para trás, apresentando grande quantidade de ligações e quase todas as redes colaborativas apresentam ao menos uma instituição com ano médio de publicação acima de 2017, mostrando que sua produção científica está ativa no cenário atual (Figura 24).

Sobre o perfil desses pesquisadores, é possível afirmar que a maior parte da produção brasileira com *Caenorhabditis elegans* é executada por pesquisadores de excelência, com reconhecimento nacional devido ao alto número de bolsistas de produtividade do CNPQ que publicam nesse assunto. De forma geral os pesquisadores brasileiros que estão trabalhando ou já trabalharam com *Caenorhabditis elegans* auxiliaram na formação de quase 25 mil estudantes através de vários tipos de orientação (Figura 26). Havia uma forte tendência de aumento de orientações por ano, porém a realidade política atual, com seu desgosto declarado a ciência, mostrou sua influência através da redução de apoio e fomento à pesquisa e em 2019, dessa forma diminuindo fortemente o número de orientações totais. As orientações totais desses pesquisadores não apresentavam queda desde 1991 (Figura 26A), isso mostra o quanto políticas públicas ineficientes podem ser danosas para a pesquisa científica brasileira.

Um dos objetivos de uma pesquisa cientométrica é fornecer informações para auxiliar gestores na tomada de decisão de políticas públicas assertivas que estimulem o desenvolvimento da ciência. Nesse contexto, identificar tanto qualitativa quanto quantitativamente a produção científica com *Caenorhabditis elegans*, verificar seus assuntos e principais conceitos, identificar suas redes de colaboração brasileiras e perceber seu impacto na formação acadêmica do país, geraram uma quantidade de informação considerável e relevante, executando seu papel no acúmulo contínuo de conhecimento humano, gerando assim mais possibilidades de trabalhos futuros.

Porém, desse acúmulo de informação surge a necessidade minuciosa de organização e categorização para que todo o conhecimento seja de fato acessível para o auxílio do desenvolvimento científico humano. Sendo assim, é possível acreditar que ter atingido o objetivo de identificar a adesão e abrangência de utilização do organismo modelo *Caenorhabditis elegans* na pesquisa científica brasileira (visualizando suas características de quantidade, qualidade, relevância e impacto na

formação acadêmica) acrescenta mais informação ao conhecimento científico humano adquirido e com isso gera um número maior de possibilidades de caminhos futuros para um mundo melhor.

REFERÊNCIAS

- AVILA, D.; HELMCKE, K.; ASCHNER, M. The *Caenorhabditis elegans* model as a reliable tool in neurotoxicology. **Human & Experimental Toxicology**, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 236–243, 2012. Available at: <https://doi.org/10.1177/09603271110392084>. Acesso em: 22 fev. 2020.
- BALLS, M. *et al.* The three Rs: the way forward. **Alternatives to laboratory animals: ATLA**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 838, 1995.
- BERGSTROM, C. T.; WEST, J. D.; WISEMAN, M. A. The Eigenfactor™ Metrics. **The Journal of Neuroscience**, [s. l.], v. 28, n. 45, p. 11433, 2008. Available at: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0003-08.2008>. Acesso em: 21 ago. 2021.
- BRADFORD, S. C. Documentation (2nd edn). **London: Croshy Lockwood**, [s. l.], 1953.
- BRENNER, S. The genetics of *Caenorhabditis elegans*. **Genetics**, [s. l.], v. 77, n. 1, p. 71 LP – 94, 1974. Available at: <http://www.genetics.org/content/77/1/71.abstract>
- BRINN, T.; JONES, M. J.; PENDLEBURY, M. Measuring research quality: Peer review 1, citation indices 0. **Omega**, [s. l.], v. 28, n. 2, Omega, p. 237–239, 2000. Available at: <https://doi.org/DOI:> ., Acesso em: 16 ago. 2021.
- BUTLER, D. Free journal-ranking tool enters citation market. **Nature**, [s. l.], v. 451, n. 7174, p. 6, 2008. Available at: <https://doi.org/10.1038/451006A>
- CALLON, M.; COURTRIAL, J.-P.; PENAN, H. **Cienciometría. La medición de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica**. [S. l.]: Trea, 1995.
- CAZARIN, K. C. C.; CORRÊA, C. L.; ZAMBRONE, F. A. D. **Redução, refinamento e substituição do uso de animais em estudos toxicológicos: uma abordagem atual**. [S. l.]: scielo, 2004.
- CHALFIE, M. *et al.* Green fluorescent protein as a marker for gene expression. **Science**, [s. l.], v. 263, n. 5148, p. 802–805, 1994. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.8303295>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- COHEN, C. The case for the use of animals in biomedical research. **Nursing Ethics**, [s. l.], v. 6, p. 173, 1986.
- CONSORTIUM*, T. *Caenorhabditis elegans* S. Genome Sequence of the nematode *Caenorhabditis elegans*: A platform for investigating biology. **Science**, [s. l.], v. 282, n. 5396, p. 2012 LP – 2018, 1998. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.282.5396.2012>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- CORSI, A. K.; WIGHTMAN, B.; CHALFIE, M. **A Transparent window into biology: A primer on**

- Caenorhabditis elegans.** [S. l.]: WormBook, 2015. Available at: <https://doi.org/10.1895/wormbook.1.177.1>
- DEFFIT, S. N.; NEFF, C.; KOWALSKI, J. R. Exploring *Caenorhabditis elegans* Behavior: An Inquiry-Based Laboratory Module for Middle or High School Students. **The American Biology Teacher**, [S. l.], v. 79, n. 8, p. 661–667, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1525/abt.2017.79.8.661>. Acesso em: 21 fev. 2020.
- DIETRICH, M. R.; ANKENY, R. A.; CHEN, P. M. Publication trends in model organism research. **Genetics**, [S. l.], v. 198, n. 3, p. 787–794, 2014. Available at: <https://doi.org/10.1534/genetics.114.169714>. Acesso em: 24 ago. 2021.
- DOKE, S. K.; DHAWALE, S. C. Alternatives to animal testing: A review. **Saudi Pharmaceutical Journal**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 223–229, 2003. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsps.2013.11.002>
- ELLIS, H. M.; HORVITZ, H. R. Genetic control of programmed cell death in the nematode *Caenorhabditis elegans*. **Cell**, [S. l.], v. 44, n. 6, p. 817–829, 1986. Available at: [https://doi.org/10.1016/0092-8674\(86\)90004-8](https://doi.org/10.1016/0092-8674(86)90004-8). Acesso em: 19 ago. 2021.
- FIRE, A. *et al.* Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *Caenorhabditis elegans*. **Nature** **1998** **391:6669**, [S. l.], v. 391, n. 6669, p. 806–811, 1998. Available at: <https://doi.org/10.1038/35888>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- FISCHER, S. R. **A history of writing**. [S. l.]: Reaktion Books, 2001.
- GARFIELD, E. Use of Journal Citation Reports and Journal Performance Indicators in measuring short and long term journal impact. **Croatian medical journal**, [S. l.], v. 41, p. 368–374, 2001.
- GARFIELD, Eugene. Science Citation Index. An International Interdisciplinary Index to the Literature of Science. **Institute for Scientific Information**, [S. l.], v. 1, n. 15, p. 649–654, 1963.
- GARFIELD, Eugene. **The history and meaning of the journal impact factor**. [S. l.]: American Medical Association, 2006. Available at: <https://doi.org/10.1001/jama.295.1.90>. Acesso em: 21 ago. 2021.
- GENGYO-ANDO, K. *et al.* The *Caenorhabditis elegans* unc-18 gene encodes a protein expressed in motor neurons. **Neuron**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 703–711, 1993. Available at: [https://doi.org/10.1016/0896-6273\(93\)90080-B](https://doi.org/10.1016/0896-6273(93)90080-B)
- GENOME SEQUENCE OF THE NEMATODE *CAENORHABDITIS ELEGANS*: A PLATFORM FOR INVESTIGATING BIOLOGY. **Science**, [S. l.], v. 282, n. 5396, p. 2012 LP – 2018, 1998. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.282.5396.2012>
- GIRARD, L. R. *et al.* WormBook: The online review of *Caenorhabditis elegans* biology. **Nucleic Acids Research**, [S. l.], v. 35, n. suppl_1, p. D472–D475, 2006. Available at: <https://doi.org/10.1093/nar/gkl894>
- GOLDEN, J. W.; RIDDLE, D. L. The *Caenorhabditis elegans* dauer larva: Developmental effects of pheromone, food, and temperature. **Developmental Biology**, [S. l.], v. 102, n. 2, p. 368–378, 1984.

Available at: [https://doi.org/10.1016/0012-1606\(84\)90201-X](https://doi.org/10.1016/0012-1606(84)90201-X). Acesso em: 2 ago. 2021.

GÖNCZY, P.; ROSE, L. S. Asymmetric cell division and axis formation in the embryo. **WormBook : the online review of Caenorhabditis elegans biology**, [s. l.], p. 1–20, 2005. Available at: <https://doi.org/10.1895/wormbook.1.30.1>

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [s. l.], v. 102, n. 46, p. 16569–16572, 2005. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>. Acesso em: 21 ago. 2021.

HOOD, W. W.; WILSON, C. S. The literature of bibliometrics, scientometrics, and informetrics. **Scientometrics**, [s. l.], v. 52, n. 2, p. 291–314, 2001. Available at: <https://doi.org/10.1023/A:1017919924342>

INCITES. [S. l.], [s. d.]. Available at: <https://jcr-clarivate.ez96.periodicos.capes.gov.br/JCRJournalHomeAction.action>. Acesso em: 12 mar. 2021.

JOOS, M.; ZIPF, G. K. The Psycho-Biology of Language. **Language**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 196, 1936. Available at: <https://doi.org/10.2307/408930>

KAMDEM, J. P. *et al.* **Scientific performance of brazilian researchers in pharmacology with grants from CNPQ: A comparative study within the brazilian categories**. [S. l.]: scielo, 2016.

KATZ, J. S.; MARTIN, B. R. What is research collaboration? **Research Policy**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 1–18, 1997. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(96\)00917-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00917-1)

KOLTUN, V.; HAFNER, D. The h-index is no longer an effective correlate of scientific reputation. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 16, n. 6, p. e0253397, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0253397>. Acesso em: 21 ago. 2021.

LEYDESDORFF, L. Evaluation of research and evolution of science indicators. **Current Science**, [s. l.], v. 89, n. 9, p. 1510–1517, 2005.

LIMA, M. E. de. **Caenorhabditis elegans: um modelo experimental para a análise dos efeitos agudos de extratos de erva-mate (Ilex paraguariensis) e uma ferramenta para a potencialização do Ensino de Ciências na Escola Básica**. 91 f. 2013. - Universidade Federal do Pampa, [s. l.], 2013.

LOTKA, A. J. The frequency distribution of scientific productivity. **Journal of the Washington Academy of Sciences**, [s. l.], v. 16, p. 317–324, 1926.

MORALES, M. M. MÉTODOS ALTERNATIVOS À UTILIZAÇÃO DE ANIMAIS EM PESQUISA CIENTÍFICA: MITO OU REALIDADE? **Ciência e Cultura**, [s. l.], v. 60, n. 2, 2008.

OF MEDICINE, I.; COUNCIL, N. R. **Use of Laboratory Animals in Biomedical and Behavioral Research**. Washington, DC: The National Academies Press, 1988. Available at: <https://doi.org/10.17226/1098>

OTLET, P. **Traité De Documentation: Le Livre Sur Le Livre, Théorie Et Pratique**. [S. l.]: Editiones Mundaneum: Mons, Belgium, 1934.

PARRA, M. R.; COUTINHO, R. X.; PESSANO, E. F. C. Um Breve Olhar Sobre a Cienciometria: Origem, Evolução, Tendências E Sua Contribuição Para O Ensino De Ciências. **Revista Contexto &**

- Educação**, [s. l.], v. 34, n. 107, p. 126–141, 2019. Available at: <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2019.107.126-141>
- PEIXOTO, C. A.; DE SOUZA, W. Freeze-fracture characterization of the cuticle of adult and dauer forms of *Caenorhabditis elegans*. **Parasitology Research** **1994** **80:1**, [s. l.], v. 80, n. 1, p. 53–57, 1994. Available at: <https://doi.org/10.1007/BF00932624>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- PEIXOTO, C. Alves; DE SOUZA, W. Freeze-fracture and deep-etched view of the cuticle of *Caenorhabditis elegans*. **Tissue and Cell**, [s. l.], v. 27, n. 5, p. 561–568, 1995. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0040-8166\(05\)80065-5](https://doi.org/10.1016/S0040-8166(05)80065-5)
- PEIXOTO, C A; DE SOUZA, W. Cytochemical characterization of the cuticle of *Caenorhabditis elegans* (Nematoda: Rhabditoidea). **Journal of submicroscopic cytology and pathology**, Italy, v. 24, n. 3, p. 425–435, 1992.
- PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics. **Journal of Documentation**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 348, 1969. Available at: <https://www.academia.edu/598618>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- REINERT, M. Alceste une méthodologie d’analyse des données textuelles et une application: Aurelia De Gerard De Nerval. **Bulletin of Sociological Methodology/Bulletin de Méthodologie Sociologique**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 24–54, 1990. Available at: <https://doi.org/10.1177/075910639002600103>
- RIBEIRO, D. B. *et al.* Financiamento à ciência no Brasil: distribuição entre as grandes áreas do conhecimento. **Revista Katálysis**, [s. l.], v. 23, n. 3, p. 548–561, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1590/1982-02592020v23n3p548>. Acesso em: 8 jun. 2021.
- ROOS, D. H. *et al.* Brazilian scientific production in areas of biological sciences: A comparative study on the modalities of full doctorate in Brazil or abroad. **Scientometrics**, [s. l.], v. 98, n. 1, p. 415–427, 2014. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1017-5>
- RUSSELL, W. M. S.; BURCH, R. L. **The Principles of Humane Experimental Technique**. London, UK: Methuen, 1959.
- SCHMUTZ, J. *et al.* **Quality assessment of the human genome sequence**. [S. l.]: Nature Publishing Group, 2004. Available at: <https://doi.org/10.1038/nature02390>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- SCOPUS CONTENT COVERAGE BY SUBJECT AREA. . [S. l.: s. n.], 2019. Available at: www.elsevier.com. Acesso em: 12 mar. 2021.
- SILVA, J. A. da; BIANCHI, M. de L. P. Cientometria: a métrica da ciência. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, [s. l.], v. 11, p. 5–10, 2001. Available at: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-863X2001000200002&nrm=iso
- SILVA, J.; BIANCHI, M. Scientometrics: The measurement of science. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, [s. l.], v. 11, n. 21 SE-, 2001. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0103-863X2001000200002>
- SOBRE A PLATAFORMA - LATTES. [S. l.], [s. d.]. Available at: <http://memoria.cnpq.br/web/portal-lattes/sobre-a-plataforma>. Acesso em: 12 mar. 2021.
- STEPHENS, M. L.; GOLDBERG, A. M.; ROWAN, A. N. The first forty years of the alternatives approach: Refining, reducing, and replacing the use of laboratory animals. *In:* , 2001, Washington, DC.

The state of the animals. Washington, DC: Humane Society Press, 2001. p. 121–135.

STREHL, L. O fator de impacto do ISI e a avaliação da produção científica: aspectos conceituais e metodológicos. **Ciência da Informação**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 19–27, 2005. Available at: <https://doi.org/10.1590/s0100-19652005000100003>

SUDHAUS, W.; KIONTKE, K. Phylogeny of Rhabditis subgenus Caenorhabditis (Rhabditidae, Nematoda)*. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, [s. l.], v. 34, n. 4, p. 217–233, 1996. Available at: <https://doi.org/10.1111/J.1439-0469.1996.TB00827.X>. Acesso em: 27 jul. 2021.

SULSTON, J. E.; HORVITZ, H. R. Post-embryonic cell lineages of the nematode, *Caenorhabditis elegans*. **Developmental Biology**, [s. l.], v. 56, n. 1, p. 110–156, 1977. Available at: [https://doi.org/10.1016/0012-1606\(77\)90158-0](https://doi.org/10.1016/0012-1606(77)90158-0)

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, [s. l.], v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>. Acesso em: 8 mar. 2021.

VANTI, N. A. P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 369–379, 2002. Available at: <https://doi.org/10.1590/s0100-19652002000200016>. Acesso em: 16 ago. 2021.

WHITE, J. G. *et al.* The structure of the nervous system of the nematode *Caenorhabditis elegans*. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences**, [s. l.], v. 314, n. 1165, p. 1–340, 1986. Available at: <https://doi.org/10.1098/rstb.1986.0056>. Acesso em: 2 ago. 2021.

WINTER, C. E.; BLUMENTHAL, T. Comparison of *Caenorhabditis elegans* vit-6 gene product with a homologous sequence from a free-living soil nematode. *In:* , 1991, Caxambu. **Anais da 20a. Reunião anual da SBBq**. Caxambu: [s. n.], 1991.

WORMATLAS HOMEPAGE. [S. l.], [s. d.]. Available at: <https://wormatlas.org/>. Acesso em: 8 set. 2021.