

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:  
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

EDIANE MARIA GHENO

O *ZEBRAFISH* NA CIÊNCIA BRASILEIRA:  
produção científica, impacto e colaboração

Porto Alegre  
2015

EDIANE MARIA GHENO

O *ZEBRAFISH* NA CIÊNCIA BRASILEIRA:  
produção científica, impacto e colaboração

Dissertação apresentada como pré-requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Educação em Ciências, Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Calabro  
Coorientador: Prof. Dr. Diogo Onofre Gomes de Souza

Porto Alegre  
2015

## CIP - Catalogação na Publicação

Gheno, Ediane Maria

O ZEBRAFISH NA CIÊNCIA BRASILEIRA: produção científica, impacto e colaboração / Ediane Maria Gheno. -- 2015.

62 f.

Orientadora: Luciana Calabró.

Coorientador: Diogo Onofre Gomes de Souza.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. Cienciometria. 2. Bibliometria. 3. Comunicação científica. 4. Colaboração científica. 5. Zebrafish. I. Calabró, Luciana, orient. II. Souza, Diogo Onofre Gomes de, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Ediane Maria Gheno

O *ZEBRAFISH* NA CIÊNCIA BRASILEIRA:  
produção científica, impacto e colaboração

Dissertação apresentada como pré-requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Educação em Ciências, Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: química da vida e saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Aprovado em: 08 de dezembro de 2015.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. João Batista Teixeira da Rocha

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Saraiva Gonçalves

---

Prof. Dr. Júlio Xandro Heck

## AGRADECIMENTOS

Senti-me, muitas vezes, como Diego, aquele menino filho de Santiago Kovadloff, descrito por Eduardo Galeano. Ele não conhecia o mar. Um dia, o pai o levou para que conhecesse. “Ele, o mar, estava do outro lado das dunas altas, esperando. Quando o menino e o pai enfim alcançaram aquelas alturas de areia, depois de muito caminhar, o mar estava na frente de seus olhos. E foi tanta a imensidão do mar, e tanto seu fulgor, que o menino ficou mudo de beleza. E quando finalmente conseguiu falar, tremendo, gaguejando, pediu ao pai: – Me ajuda a olhar!”. Durante esta trajetória deparei-me com muitos mares, mares de informação, de conhecimentos. Como Diego, eu também contei com a ajuda para olhar tamanha imensidão. A vida me presenteou duas pessoas que por elas serei grata por toda a vida: Profa. Dra. Luciana Calabro, minha orientadora, e Prof. Dr. Diogo Onofre, meu coorientador. Meu agradecimento pela oportunidade de aprender, de conhecer tantas coisas e pela constante ajuda que tive de vocês em momentos que me faltavam olhos para enxergar. Vocês são exemplos de bondade e sabedoria... só tenho a agradecer a vida pela chance de tê-los conhecido.

E pelo caminho, desse mar imenso, conheci a bibliotecária e pesquisadora Letícia Strehl. Foram muitas as vezes que obtive apoio da tua mão diante de tropeços e deslizos. Tenho por ti, Letícia, profunda admiração e respeito pela pessoa e pela profissional que és. Obrigada pela ajuda, pelas orientações e pelos saberes que compartilhaste comigo.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pela bolsa de estudo (Bolsa Demanda Social – Reitoria) e pelas oportunidades diárias de conhecer, de compartilhar, de me alimentar, de ser, de participar, de crescer. Que eu possa retribuir à sociedade o que esta universidade me proporcionou e me proporciona.

Agradeço ao professor Denis Broock Rosemberg, da Universidade Federal de Santa Maria, pela colaboração e pelas contribuições.

Meu especial agradecimento aos professores do PPG Educação em Ciências que contribuíram para a minha formação: Anelise Reis Gaya, Jaqueline Moll, José Claudio Del Pino e Maria do Rocio Fontoura Teixeira.

Agradeço a Natalia Bombardi Lucas pelo trabalho de tradução do artigo para a língua inglesa.

Agradeço ao professor Luiz Roberto Malabarba, do Instituto de Biociências da UFRGS, pela indicação do *Catalog of Fishes* e pelos esclarecimentos a respeito da citação do nome científico do *Zebrafish*.

Ao professor Rodrigo Caxias, da Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação da UFRGS, pelas conversas enriquecedoras que tivemos ao longo desta pesquisa.

Agradeço de coração aos pesquisadores do Departamento de Bioquímica da UFRGS pela acolhida e pela força recebida: Eduardo Zimmer, Adriano de Assis, Léo Meira e Aline Longoni.

Meu agradecimento a todos os colegas do PPG Educação em Ciências pelo aprendizado obtido em cada Fórum Discente e durante as aulas.

À maravilhosa e alegre equipe da Secretaria do PPG Educação em Ciências da UFRGS: Cléia, Douglas, Jordano, Camila e Felipe. E ao pessoal da portaria (segurança) que sempre são muito atenciosos.

Aos historiadores Caiuá Cardoso Al-Alan e Cláudia Tomaschewski que sempre me incentivaram a desbravar o mundo acadêmico.

Ao grande amigo e biólogo Alexandre Ruszczyk que, constantemente, refletimos sobre a beleza da vida e a beleza da morte (e também da quase morte). *Poetae Locum*, somente as pessoas sensíveis entendem as borboletas.

Ao biólogo Robberson Bernal Setubal pela amizade e pelo constante incentivo.

Aos meus amigos que amo: Raquel Campos de Miranda, Mestre Renato, Eliane Bruél, Jeferson Tenório, Eduardo Francisco, João Suriz, Pomba, Alexandre Rota, Santiago, Ana Stock, Arildo Leal, Rodrigo Apolinário, Vania Pierozan, Fabíola Fagundes. E à minha família.

Agradeço também Cartola, João Nogueira, Clarice Lispector, Drummond, Joan Baez, Fernando Pessoa, Muddy Waters, Nietzsche, Borges, Thiago de Mello, Galeano, Roberto Piva, Bach, Máximo Gorki, Victor Jarra, Pink Floyd, Pablo Milanés, Elvis, David Bowie, Calle 13... porque “viver sem música [e sem literatura] a vida seria um erro”. E à Oxalá.

*La investigación científica no es una aventura individual. Es una de las actividades humanas más colectivas que puedan darse, pues la crítica es permanente y nadie podría sustraerse a ella.*  
(CALLON, COURTIAL e PENAN, 1995)

## RESUMO

Este estudo investiga, através de indicadores cientiométricos, as características da produção científica, do impacto e da colaboração de pesquisas com *zebrafish* (*Danio rerio*) na ciência brasileira indexada na *Web of Science*. Os dados de citações foram coletados na *Web of Science* e os dados do Fator de Impacto dos periódicos no *Journal Citation Reports*. A colaboração é analisada a partir dos dados de coautoria, criando-se redes a partir da ferramenta *VosViewer*. O uso do *zebrafish* como organismo modelo experimental tem alcançado notória importância em pesquisa científica nos últimos anos, constatando-se um crescimento na produção científica no Brasil e no mundo. Identifica que o Rio Grande do Sul é o estado com maior produção e a instituição com maior número de registros é a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Identifica crescimento e estabilidade no impacto das citações. A média do Fator de Impacto dos periódicos é mais alta nos trabalhos com coautoria internacional. Constata que 90% dos trabalhos são em colaboração. As instituições brasileiras que apresentam maior número de colaborações são: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Fundação Universidade Federal de Rio Grande e Universidade de São Paulo.

**Palavras-chave:** Cienciometria. Bibliometria. Comunicação científica. Colaboração científica. Zebrafish.

## ABSTRACT

Using scientometric indicators, this study researches the features of scientific production and of researches collaboration and impact about zebrafish (*Danio rerio*) in Brazilian Science indexed by Web of Science. Citation data were collected in Web of Science and data about Impact Factor from journals in Journal Citation Reports. Collaboration is evaluated according to co-authorship data, creating nets through the tool VosViewer. Zebrafish use as an experimental model organism has been achieving a remarkable importance in recent years and an increase in scientific production could be observed in Brazil and around the world. The state of Rio Grande do Sul is identified as one with the greatest production and the institution with the largest number of registers is Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. We could also point out an increase and stability in citation impact. Journals' average Impact Factor is higher in works with international co-authorship. We are verified that 90% of works are collaborative. And Brazilian institutions presenting the greatest number of collaborations are: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Fundação Universidade Federal de Rio Grande and Universidade de São Paulo.

**Key words:** Scientometrics. Bibliometrics. Scientific Communication. Zebrafish.

## LISTA DE FIGURAS

### **Seção 3**

Figura 1: Exemplo do cálculo do Fator de Impacto. p. 31

### **Seção 4**

Figura 2: Representação cíclica da fabricação da ciência. p. 33

### **Seção 5**

Figura 1: Distribuição anual da produção científica sobre o zebrafish no mundo (1955-2014) e no Brasil (1996-2014). p. 42

### **Seção 6**

Figure 1: Annual distribution of scientific production using “zebrafish” term as query worldwide (1955-2014) and in Brazil. p. 50

Figure 2: Annual distribution of Brazilian works citations. p. 50

Figure 3: Citation impact of Brazilian works. p. 51

Figure 4: Distribution by corresponding authors by federative unity. p. 52

Figure 5: Collaborations established in the period of 1996-2000. p. 53

Figure 6: Collaborations established in the period of 2001-2005. p. 54

Figure 7: Collaborations established in the period of 2006-2010. p. 54

Figure 8: Collaborations established in the period of 2011-2014. p. 55

## LISTA DE TABELAS

### **Seção 6**

Table 1: Brazilian corresponding authors with the highest number of registers. p. 51

Table 2: Most used journals for publication of Brazilian Works. p. 51

Table 3: Scientific production, collaboration, and amount of institutions involved. p. 53

## LISTA DE ABREVIATURAS

Cia	Companhia
Des	Desenvolvimento
Dr	Doutor
Hosp	Hospital
Inst	Instituto
Nac	Nacional
Nat	National
Prof	Professor
Univ	Universidade/University/Universidad

## LISTA DE SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FFFCMPA	Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre
FIOCRUZ	Instituto Oswaldo Cruz
FURG	Fundação Universidade Federal de Rio Grande
HC FMUSP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
IFSUL	Instituto Federal Sul-Rio-grandense
INCT/TM-RS	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Translacional em Medicina
INCT-EM	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Excitotoxicidade e Neuroproteção
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
ISI	Institute for Scientific Information
JCR	Journal Citation Reports
PPG	Programa de Pós-Graduação
PUC-Goiás	Pontifícia Universidade Católica de Goiás
PUC-MG	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
PUC-PR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
PUC-RS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
SCI	Science Citation Index
UCPEL	Universidade Católica de Pelotas
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UEPA	Universidade do Estado do Pará
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
UERJ	Universidade Estadual do Rio de Janeiro
UESC	Universidade Estadual de Santa Cruz
UFAM	Universidade Federal da Amazonas

UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso
UFOPA	Universidade Federal do Oeste do Pará
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFPEL	Universidade Federal de Pelotas
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UFS	Universidade Federal de Sergipe
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UFSJ	Universidade Federal de São João del-Rei
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UnB	Universidade de Brasília
UNC	Universidade do Contestado
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UniCEUB	Centro Universitário de Brasília
UNIFAP	Universidade Federal do Amapá
Unimontes	Universidade Estadual de Montes Claros
UNIP	Universidade Paulista
UNIRIO	Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
UNIVALI	Universidade do Vale do Itajaí
UNOCHAPECO	Universidade Comunitária da Região de Chapecó

UPF	Universidade de Passo Fundo
USP	Universidade de São Paulo
WoS	Web of Science

## SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Problema de pesquisa .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 Objetivos .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3 Justificativa.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4 Metodologia .....</b>	<b>19</b>
<b>2 CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO E SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA: bases para os estudos bibliométricos e cienciométricos .....</b>	<b>22</b>
<b>3 BIBLIOMETRIA E CIENCIOMETRIA .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Indicadores cienciométricos .....</b>	<b>28</b>
<b>4 COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA.....</b>	<b>33</b>
<b>5 ARTIGO 1: Produção e impacto científico da utilização do <i>Zebrafish</i> como um modelo alternativo de pesquisa no Brasil.....</b>	<b>38</b>
<b>6 ARTIGO 2: Zebrafish in Brazilian science: scientific production, impact and collaboration.....</b>	<b>46</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

A presente dissertação está estruturada da seguinte forma: nas primeiras seções apresentamos o problema de pesquisa, os objetivos, a justificativa, a metodologia e a revisão da literatura dos principais temas que norteiam este estudo: Ciência da Informação, Sociologia da Ciência, Bibliometria e Cienciometria e Comunicação científica. Nas seções posteriores, seguem os resultados e discussões em formato de dois artigos.

O primeiro artigo está intitulado “Produção e impacto científico da utilização do *Zebrafish* como um modelo alternativo de pesquisa no Brasil”. E, o segundo, “*Zebrafish* in Brazilian science: scientific production, impact and collaboration”. Os resultados obtidos encontram-se descritos nos próprios artigos.

Nas considerações finais, além de refletir sobre os resultados alcançados, apontamos perspectivas futuras que podem servir para estudos posteriores.

### 1.1 Problema de pesquisa

Qual é o panorama e/ou quais são as características da produção científica sobre o *zebrafish* no Brasil?

### 1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é investigar as características da produção científica, do impacto e da colaboração de pesquisas com *zebrafish* na ciência brasileira indexada na *Web of Science*.

Quanto aos objetivos específicos são:

- Verificar a produção científica mundial até o ano de 2014;
- Verificar a produção científica brasileira até o ano de 2014;
- Identificar, a partir dos dados da produção científica brasileira, os autores correspondentes, vínculo institucional e unidade federativa;

- Verificar as tendências da comunicação científica brasileira com base na origem dos periódicos em que os trabalhos científicos foram publicados;
- Analisar o impacto de citação;
- Analisar impacto da produção científica brasileira com base no Fator de Impacto dos periódicos;
- Identificar a coautoria nacional e internacional;
- Identificar as instituições brasileiras que apresentam maior número de colaborações através do indicador de coautoria.

### 1.3 Justificativa

O campo de estudo desta pesquisa é a produção científica brasileira com *zebrafish*. O *zebrafish* (*Danio rerio*) tem alcançado notória importância nas pesquisas científicas nos últimos anos. Esta espécie de peixe vem sendo utilizada pela comunidade científica como organismo modelo experimental alternativo ao uso de outros animais, como roedores, em diversas áreas do conhecimento (SILVEIRA, SCHNEIDER e HAMMES, 2012).

Segundo os autores, os estudos desenvolvidos na área médica, por exemplo, dependem da utilização de modelos animais para investigar as causas de doenças e possíveis tratamentos. Nas pesquisas em geral, os animais mais utilizados são os roedores: “em torno de 95% dos estudos experimentais são feitos com camundongos e ratos” (SILVEIRA, SCHNEIDER e HAMMES, 2012, p. 4).

O marco inicial da utilização do *zebrafish* nas pesquisas científicas é conferido ao biólogo George Streisinger, da Universidade de Oregon, nos Estados Unidos. Seu artigo intitulado *Production of clones of homozygous diploid zebrafish (Brachydanio rerio)*, publicado em 1981, no periódico *Nature*, é considerado “o marco na medicina translacional” (SILVEIRA, SCHNEIDER e HAMMES, 2012, p. 4).

*Danio rerio* (Hamilton 1822) é uma espécie de peixe da família *cyprinidae* (ESCHMEYER e FRICKE, 2015). Suas informações hereditárias encontram-se decodificadas, apresentando um elevado grau de homologia (aproximadamente 70%) aos genes do ser humano (HOWE et al, 2013). Como a descoberta de mecanismos de ação de drogas e a potencial inovação tecnológica na síntese de

fármacos ainda depende de testes biológicos, o *zebrafish* reúne características relevantes por atender o critério dos 3 Rs (*replacement, refinement, reduction*). Por possuir mecanismos genéticos e bioquímicos evolutivamente conservados, a utilização do *zebrafish* em estudos de triagens possibilita uma redução no uso de animais de maior porte, em uma primeira instância, como roedores, e de diminuir significativamente a quantidade necessária de compostos a ser testada (visto que os mesmos podem ser administrados intraperitonealmente em um pequeno volume) (ROSEMBERG et al., 2011).

Diante desse fenômeno que está ocorrendo na prática científica, busca-se compreender qual é panorama e/ou quais são as características da produção científica com *zebrafish* no Brasil. Um estudo sobre a produção científica de um determinado tema/assunto demonstra a sua abrangência de interesse pela comunidade científica.

A escolha deste tema como objeto de estudo deu-se pela sua relevância social e pela sua inovação. Como não há estudos cienciométricos sobre o tema, esta pesquisa pode ser útil à comunidade científica para compreender algumas características da produção científica brasileira e seu desenvolvimento. Além disso, este trabalho pode servir de base para (re)definir políticas públicas para a criação de novos centros de pesquisa com *zebrafish* e/ou investir em melhorias dos que já existem.

O avanço da ciência pode ser mensurado através da produção científica e de seu uso. Deste modo, este estudo faz uso de indicadores cienciométricos para mensurar a produção científica, o impacto e a colaboração. Nos dias atuais, os indicadores de atividade científica fazem parte das discussões cotidianas entre membros de instituições de pesquisa, agências de fomento e governo:

[...] sob a perspectiva das relações entre o avanço da ciência e da tecnologia, por um lado, e o progresso econômico e social, por outro. Revisões de políticas científicas pareceriam inconcebíveis, hoje, sem recorrer aos indicadores existentes (MACIAS-CHAPULA, 1998, p. 134).

Dessa forma, essas ferramentas metodológicas quantitativas passam a “cooperar na definição de políticas para planejamento de investimento, por parte dos governantes, submetendo a comunidade científica a um intenso processo de avaliação” (MUGNAINI, 2013, p. 38).

Parte-se, portanto, de que a avaliação da produção faz parte do processo de construção de conhecimento (FRIGERI e MONTEIRO, 2014), pois fornece dados do estado da arte da atividade científica.

#### 1.4 Metodologia

Esta pesquisa consiste num estudo cienciométrico, realizado com base em indicadores de produção, de impacto e de colaboração (MACIAS-CHAPULA, 1998), obtidos a partir da produção científica com *zebrafish* e que tenha pelo menos um autor que declara vínculo com instituição brasileira.

A coleta de dados deu-se na base de dados *Web of Science* (WoS), pertencente ao *Institute for Scientific Information* (ISI), do grupo *Thompson Reuters*, no dia 3 de março de 2015, utilizando o acesso pela “Principal Coleção do Web of Science”. O termo escolhido no campo de busca foi “Zebrafish” e, como segunda opção de campo, se fez uso do operador booleano “OR” com o termo “Danio rerio”. Os tipos de documentos selecionados foram: *article*, *proceeding paper* e *review*. O período do referente estudo compreende os anos de 1955 (ano do primeiro registro sobre o tema) a 2014. Os resultados obtidos nesta primeira busca foram de 25.480 registros, correspondendo à produção científica mundial. Após, fez-se uso da opção “Refinar resultados” para delimitar a pesquisa por país, no caso “Brazil”. A escolha pela respectiva base de dados deu-se pela sua abrangência em termos de cobertura. Todos os dados coletados foram importados e normalizados no Microsoft MSeExcel®.

Este estudo refere-se aos 318 registros, população que apresenta os trabalhos de pesquisadores que declararam em sua afiliação algum vínculo com instituição brasileira (doravante considerado produção científica brasileira). A partir destes dados, buscamos identificar se há autor correspondente brasileiro, o seu vínculo institucional, obtido através da Instituição de Ensino Superior (IES), e a Unidade Federativa da instituição. A análise a partir de autor(a) correspondente deu-se pelo importante papel que ele(a) desempenha como mediador(a) (equipe de pesquisa e editor das revistas ao qual se submetem os artigos), como responsável para possíveis revisões e, como em alguns casos, ser o(a) coordenador(a) do projeto ou grupo de pesquisa.

Para medir o impacto das citações foi utilizado uma janela de 3 anos, seguindo os critérios metodológicos do *Journal Citation Reports* (JCR), soma das citações dividido pelo número de artigos. As médias avaliativas do impacto correspondem aos anos 1999, 2002, 2005, 2008, 2011 e 2014.

Para identificar as tendências da comunicação científica, foi verificada a origem dos periódicos, identificando se os trabalhos que foram publicados em periódicos brasileiros (nacionais) ou em periódicos estrangeiros.

Verificamos, em seguida, o Fator de Impacto (FI) dos periódicos disponível no JCR. O FI coletado refere-se à avaliação do ano de 2013. Optamos pela divisão de três grupos (A, B e C) para calcular a média do FI dos periódicos, a saber: Grupo A: Produção com autor correspondente brasileiro sem coautoria internacional; Grupo B: Produção com autor correspondente brasileiro com coautoria internacional; Grupo C: Produção com autor correspondente internacional com coautoria nacional. A criação desses grupos deu-se pelas suas particularidades e pela possibilidade de relacionar FI versus tipo de colaboração estabelecida (nacional ou internacional).

Outro ponto observado foi o grau de colaboração existente. Considera-se Colaboração nacional trabalhos em coautoria em diferentes níveis entre a mesma nação (Brasil), Colaboração internacional trabalhos em coautoria com países estrangeiros e Sem colaboração, trabalhos sem coautoria. Para melhor analisar este indicar (coautoria) e poder visualizar as instituições envolvidas ao longo dos anos, optamos por uma divisão por períodos (1996-2000, 2001-2005, 2006-2010 e 2011-2014).

Todos os dados referentes a coautoria foram coletados na *Web of Science* e normalizados no Microsoft MExcel® através de uma matriz simétrica. Em seguida, foi utilizado o *VosViewer*<sup>1</sup> para a criação da rede de coautoria (colaboração):

VOSviewer é uma ferramenta para a construção e visualização de redes bibliométricas. Estas redes podem incluir, por exemplo, revistas, pesquisadores ou publicações individuais. E elas podem ser construídas com base na co-citação, o acoplamento bibliográfico ou relações de co-autoria (VOSVIEWER, 2015, tradução nossa).

Essa ferramenta fornece relatórios da quantidade de ligações (*links*) de cooperação que uma determinada instituição possui. Além disso, é possível visualizar através dos grafos as redes de colaboração estabelecidas. As instituições

---

<sup>1</sup> <http://www.vosviewer.com/>. A ferramenta pode ser instalada gratuitamente.

com maior quantidade de ligações se sobressaem no grafo. O foco da análise refere-se às 3 instituições brasileiras com maior número de colaborações. Os nomes das instituições brasileiras estão abreviados devido à sua extensão. Quanto às instituições estrangeiras, estão descritas por extenso e podem ser localizadas pelo país.

## **2 CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO E SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA: bases para os estudos bibliométricos e cienciométricos**

A inclusão deste capítulo sobre os campos da Ciência da Informação e da Sociologia da Ciência foi necessária para contextualizar os estudos desenvolvidos pela Bibliometria e pela Cienciométrica. As relações destas disciplinas com os campos referidos podem ser vistas sob o aspecto da publicação dos resultados de pesquisa, atividade indispensável no mundo científico (STREHL, 2003).

A Ciência da Informação nasce para suprir os problemas relacionados à sociedade da informação através do estudo das “propriedades da informação e os seus processos de construção, comunicação e uso” (LE COADIC, 2004, p. 17).

O objeto de estudo da Ciência da Informação é a informação<sup>2</sup>. O seu paradigma “compõe-se de um grupo de ideias relativas ao processo que envolve o movimento da informação em um sistema de comunicação humana” (OLIVEIRA, 2011, p. 23). Trata-se, portanto, de uma “disciplina que investiga as propriedades e o comportamento da informação, as forças que governam os fluxos informacionais, bem como os meios de processamento para garantir acessibilidade e usabilidade” (BORKO, 1968, p. 3, tradução nossa).

A Ciência da Informação nasce no contexto da revolução científica e técnica que se seguiu à Segunda Guerra Mundial (OLIVEIRA, 2011). Trata-se de um momento histórico em que os valores agregados ao acesso à informação sofrem profundas modificações, devido a sua importância social para o desenvolvimento de um país. Diversos campos passam a atuar nos problemas da explosão informacional e de seus registros. Desta forma, a Ciência da Informação se constituiu de maneira interdisciplinar, tendo a biblioteconomia, a ciência da computação, a ciência cognitiva e a comunicação como partícipes mais efetivos<sup>3</sup>. Cada um com suas particularidades, estas disciplinas aturam conjuntamente no problema levantado por Vannevar Bush (1945): tornar acessível o crescente acervo de conhecimento. É então que produtos e serviços são desenvolvidos a partir das tecnologias incipientes

---

<sup>2</sup> Informação é definida por Le Coadic (2004) como sendo um conhecimento inscrito, ou seja, passa por um processo de registro em forma escrita (impresso ou digital), oral ou audiovisual. Contudo, o conceito de informação é muito mais amplo quando vista sob a perspectiva das diversas áreas do conhecimento.

<sup>3</sup> Importante salientar que CI é interdisciplinar e que outras disciplinas além dessas mencionadas colaboraram para o seu surgimento.

para facilitar o armazenamento, a organização, o acesso e o uso da informação registrada (SARACEVIC, 1996).

A proposta de Bush foi de criar uma máquina com capacidade de “associar ideias”. Deste modo, diversos profissionais dedicaram-se a este projeto, repercutindo significativamente para os serviços de biblioteca e de informação (OLIVEIRA, 2011), pois “O computador permite um comportamento mais preciso e racional no tratamento da informação, além de possibilitar a manipulação de grande massa de dados” (OLIVEIRA, 2011, p. 12).

Antes de Bush, outra iniciativa importante surgiu a partir das observações e dos estudos realizados por Paul Otlet e La Fontaine sobre o crescimento da informação registrada (final do século XIX, marcado pela Revolução Industrial). A proposta sugerida por Otlet e La Fontaine foi de criar uma biblioteca universal capaz de reunir referências das produções e dos produtos do conhecimento do mundo todo<sup>4</sup>. Este projeto não tinha a pretensão de reunir os acervos, mas sim os dados bibliográficos. A biblioteca idealizada pelos pesquisadores não foi concretizada. Mas, a partir desta iniciativa, diversos sistemas são criados para garantir a sistematização e a padronização<sup>5</sup> dos documentos (OLIVEIRA, 2011).

O principal pilar para o seu surgimento da Ciência da Informação foi a Recuperação da Informação<sup>6</sup>. A sua importância está diretamente associada ao surgimento dos sistemas automatizados de informação (OLIVEIRA, 2011).

Além disso, todo o trabalho em prol dessa atividade (Recuperação da Informação) possibilitou grandes avanços que:

conduziram a estudos teóricos e conceituais sobre a natureza da informação; a estrutura do conhecimento e seus registros (incluindo a **bibliometria**); os estudos relativos ao uso e aos usuários de informação; estudos do comportamento humano frente à informação; a interação homem-computador (OLIVEIRA, 2011, p. 13, grifo nosso).

---

<sup>4</sup> A ideia de uma biblioteca universal surgiu para tentar solucionar o problema de se ter dados sobre toda a literatura científica produzida, bem como dos produtos gerados. O problema do crescimento da informação e a ausência de uma ferramenta que resgatasse as produções da humanidade fez com que Otlet e La Fontaine pensassem em um local que os cientistas e interessados pudessem ter acesso a toda produção mundial (OLIVEIRA, 2011).

<sup>5</sup> Surge o Instituto Internacional de Bibliografia (IIB) para coordenar tal atividade (OLIVEIRA, 2011).

<sup>6</sup> “Engloba os aspectos intelectuais da descrição de informações e suas especificidades para a busca, além de quaisquer sistemas, técnicas ou máquinas empregados para o desempenho da operação” (MOOERS, 1951 apud OLIVEIRA, 2011, p. 12).

O trabalho desenvolvido pela Ciência da Informação é de total importância para os estudos que envolvem publicação científica. Os avanços obtidos através da atividade de Recuperação da Informação, fruto do trabalho da Ciência da Informação, deram origem aos sistemas automatizados da informação, os quais têm facilitado a organização, o armazenamento, o acesso e o uso da informação registrada.

Já a Sociologia da Ciência “é uma área do conhecimento originada da necessidade de conhecer o contexto no qual se procede o fazer científico” (STREHL, 2003, p. 19).

Segundo Loet Leydesdorff (2001) o crescimento e a dinâmica do conhecimento científico eram objetos de estudo da filosofia. Contudo, com a reconstrução filosófica, questões de como o conhecimento é produzido tornou-se terreno de estudo da sociologia da ciência.

Leydesdorff (2001) destaca Price e Thomas Kuhn como os pesquisadores que foram capazes de visualizar o desenvolvimento substancial da atividade científica numa perspectiva ampla. “Price (1965) enfatizou as relações do crescimento do conhecimento e grupos de documentos; Kuhn (1962) ressaltou as relações entre autores que trabalham dentro de paradigmas<sup>7</sup> e o crescimento do conhecimento” (LEYDESDORFF, 2001, p. 15, tradução nossa).

Para Maricato e Noronha (2013) a bibliometria é considerada a base teórica metodológica para os métodos cienciométricos, pois está ligada a medição de processos de produção, comunicação e uso da informação registrada. A Cienciométrica<sup>8</sup> é um segmento da Sociologia da Ciência e sua aplicação está relacionada à formulação de políticas científicas (TAGUE-SUTCLIFFE, 1992). Além disso, a cienciométrica busca compreender: o crescimento da ciência, a comunicação entre os cientistas, a produtividade dos pesquisadores, a relação entre ciência e tecnologia e desenvolvimento social e econômico (SPINAK, 1996).

---

<sup>7</sup> “Um paradigma é aquilo que os membros de uma comunidade partilham e, inversamente, uma comunidade científica consiste em homens que partilham um paradigma” (KUHN, 2013, p. 281).

<sup>8</sup> Os primeiros estudos que trazem conceitos sobre cienciométrica são originados no grupo de pesquisadores do VINITI – All-Union Institut for Science and Technical Information, da Academia de Ciências da ex-URSS, em 1959 (VANTI, 2011). Contudo, Solla Price (em 1963 publica *Little Science, Big Science*) é considerado o pai da Cienciométrica, pois seus estudos centraram-se “fundamentalmente na análise da dinâmica da ciência” (VANTI, 2011, p. 8).

### 3 BIBLIOMETRIA E CIENCIOMETRIA

A ciência enquanto um sistema social tem a função de disseminar conhecimentos, assegurar a preservação de padrões e atribuir créditos e reconhecimento às pesquisas que têm contribuído para o avanço da ciência (MACIAS-CHAPULA, 1998). Deste modo, a produção científica (produto da ciência e resultado da pesquisa) assume estas funções no sistema.

Por produção científica, entende-se toda a atividade resultante de uma reflexão sistemática, que implica produção original dentro da tradição de pesquisa com métodos, técnicas, materiais, linguagem própria e que contempla criticamente o patrimônio anterior de uma determinada ciência [...]. (PÉCORA, 1997, p. 159-160).

É parte intrínseca da pesquisa o estímulo e o compartilhamento de informações para que o conhecimento fique à disposição do bem comum (SPINAK, 1998). O acesso e a utilização de informação contribuem para o avanço da ciência (MEADOWS, 1999), pois possibilita que novos conhecimentos sejam construídos.

A atribuição de créditos e reconhecimento ocorre quando uma determinada produção serve de referência para outros estudos, ou seja, é citado por outros pesquisadores (MACIAS-CHAPULA, 1998). A contribuição pode ser de natureza técnica, metodológica, teórica e/ou empírica (STREHL, s.d).

Para Spinak (1998, p. 141), “a ciência pode ser vista como uma empresa com insumos e resultados”. Neste aspecto, segundo o autor, a avaliação destas categorias são a base dos indicadores científicos.

A partir dos anos de 1940, com os avanços informacionais e tecnológicos, parâmetros métricos se consolidam no meio científico para mensurar produção, impacto, investimentos e capital humano (MUGNAINI, 2013).

O termo bibliometria é amplamente discutida a respeito do seu precursor. A concepção de medida ou a ideia de bibliografia estatística, no contexto da informação e do conhecimento foi primeiramente levantado por Paul Otlet (1934) e não por Allan Pritchard (1969) como é concebido por alguns pesquisadores (FONSECA, 1973). Pritchard é responsável pela aplicação e pela popularização do termo (FONSECA, 1973; MACIAS-CHAPULA, 1998; VANTI, 2002). No artigo *Le livre et la mesure. bibliométrie*, traduzido para o português como *O livro e a medida*:

*bibliometria*, Paul Otlet (1934) enfatiza a importância da medida nos campos do conhecimento como sendo uma forma superior de abordagem.

Métodos de medição da literatura já vinham sendo aplicados em outros momentos da história humana. Contudo, é no contexto permeado pelos avanços da tecnologia e pelo uso do computador que Eugene Garfield, fundador do Institute of Scientific Information (ISI), cria, em 1963, o *Science Citation Index* (SCI), primeiro índice de citação. Segundo Macias-Chapula (1998, p. 137) a criação do SCI “abriu caminho para todos os que buscavam medir a ciência usando métodos quantitativos e objetivos”. A possibilidade de analisar a quantidade de vezes que um trabalho é citado tornou-se um marco para o aprimoramento das técnicas bibliométricas (ARAÚJO, 2006).

Tague-Sutcliffe (1992, p. 1, tradução nossa) define bibliometria como:

o estudo dos aspectos quantitativos da produção, dispersão e uso da informação registrada. Desenvolve modelos matemáticos e medidas para estes processos e, em seguida, utiliza os resultados para a previsão e tomada de decisão.

A bibliometria se ocupa dos problemas relacionados à gestão de bibliotecas e centros de documentação (CALLON, COURTIAL e PENAN, 1995). Os objetos de estudo da bibliometria são: livros, documentos, revistas, artigos, autores, usuários (MC GRATH apud MACIAS-CHAPULA, 1998).

Já a cienciometria é definida por Tague-Sutcliffe (1992, p. 1, tradução nossa) como:

o estudo dos aspectos quantitativos da ciência enquanto uma disciplina ou atividade econômica. Faz parte da Sociologia da Ciência e tem aplicação para a formulação de políticas científicas. Envolve estudos quantitativos das atividades científicas, incluindo a publicação e, assim, sobrepondo-se a bibliometria em extensão.

Os objetos de estudo da cienciometria são: disciplinas, assunto, áreas, campos (MC GRATH apud MACIAS-CHAPULA, 1998). A cienciometria analisa evolução da produção científica a partir dos indicadores de publicação (SPINAK, 1998).

Derek J. de Solla Price (1969) é considerado o pai da cienciometria (denominada por ele como “ciência das ciências” por estudar justamente o seu comportamento). Para Callon, Courtial e Penan (1995), Solla Price ampliou a perspectiva da bibliometria a partir da cienciometria. A cienciometria se vale das leis

e regularidades que conduzem a atividade científica num sistema amplo. Desse modo, a cienciometria analisa o sistema de pesquisa como um todo, adentrando em questões de cunho político e de gestão.

Dentre os conjuntos de publicações<sup>9</sup>, a cienciometria atua diretamente com artigos e patentes. A primeira está relacionada à produção de conhecimentos certificados e, a segunda, ligada à participação dos processos de inovação tecnológica/industrial (Callon, Courtial e Penan (1993). Ainda, segundo os autores, as razões destas restrições no campo de análise de estudo são diversas:

Algunas son de índole práctica: estos documentos son facilmente accesibles y su presentación altamente codificada facilita su tratamiento. Otras son teóricas: los artículos y las patentes captan los conocimientos y las técnicas en el momentos preciso de su divulgación, manteniéndose a la vez bastante próximos de la ciencia y de la técnica que están em pleno proceso de elaboración (CALLON, COURTIAL e PENAN, 1993, p. 18).

Desse modo, os artigos e as patentes fazem parte da produção científica, atividade que compõem o ciclo de construção de conhecimentos certificados. O processo de certificação se dá através da avaliação de comissões científicas, ou seja, por revisão por pares.

Callon, Courtial e Penan (1993) abordam três pontos que são defendidos pelos estudiosos da área sobre a importância da cienciometria como disciplina: 1) Análise sistemática da produção do conhecimento e de outros aspectos; 2) Os estudos quantitativos colaboram para melhor entender o cenário e a dinâmica da ciência e da tecnologia; 3) A cienciometria se vale de instrumentos de análises que são sólidos e confiáveis.

Callon, Courtial e Penan (1993, p. 11) refletem sobre as duas vertentes em que a cienciometria está associada. A primeira está ligada à ciências das ciências sob o aspecto positivista. Nesta perspectiva, a estatística e os instrumentos matemáticos são essenciais no processo de análise. A segunda vertente está ligada aos aspectos qualitativos. Neste caso, a estatística não constitui um fim, mas um meio para analisar a globalidade da atividade científica e “o processo dinâmico de construção do conhecimento” (CALLON, COURTIAL e PENAN, 1993, p. 11).

---

<sup>9</sup> Livros, artigos, patentes, etc.

A seguir, apresentamos uma breve descrição dos indicadores cientiométricos<sup>10</sup> aplicados neste trabalho: Número de trabalhos publicados, Número de citação, Coautoria e Fator de Impacto.

### 3.1 Indicadores cientiométricos

Segundo Meadows (1999, p. 85) “Em termos de comunicação, as duas mais importantes características do pesquisador são a quantidade de informações que comunica e sua qualidade”. Desse modo, os indicadores cientiométricos atuam diretamente nesses pontos a fim de quantificar e inferir qualidade e impacto às produções científicas.

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia de uma nação é inferida a partir da qualidade e quantidade de pesquisas que desenvolve e da capacidade transformar os avanços obtidos através de suas pesquisas em progresso econômico e social (STREHL, 2003, p. 12).

Os indicadores cientiométricos aqui aplicados são definidos por Macias-Chapula (1998) como: Número de trabalhos publicados (Produtos da ciência); Número de citação (refletem o impacto dos trabalhos) e Coautoria (trabalhos em colaboração em nível nacional e/ou internacional). Além destes indicadores, inclui-se o Fator de Impacto (FI) dos periódicos, indicador publicado pelo *Journal Citation Reports (JCR)*, do grupo *Thompson Reuters*, que tem como objetivo avaliar os periódicos científicos (STREHL, 2005).

A publicação está diretamente associada à divulgação das descobertas científicas, ao reconhecimento e à propriedade intelectual. Desse modo, o número de trabalhos publicados (artigos, livros, relatórios, patentes) refletem os produtos (ideias) da ciência (MACIAS-CHAPULA, 1998).

---

<sup>10</sup> Incluímos apenas os indicadores aplicados neste estudo. Mas há outros indicadores de avaliação aplicados em estudos cientiométricos como, por exemplo: Número de Patentes, Número de Citações de Patentes, Índice H, Índice de Imediatez, Meia Vida.

A partir dos estudos da produção científica “a dinâmica de pesquisa de um determinado país pode ser monitorada e sua tendência traçada ao longo do tempo” (MACIA-CHAPULA, 1998, p. 137).

O número de citações recebidas é uma medida de impacto e de utilidade do trabalho científico (MACIAS-CHAPULA, 1998; VANTI, 2011). Através da citação é possível identificar se um determinado trabalho despertou o interesse pela comunidade científica em utilizá-lo como referência em seus estudos.

Macias-Chapula (1998, p. 136) destaca as principais funções da citação as quais foram identificadas por Weinstock, em 1971, são elas:

- prestar homenagem aos pioneiros;
- dar créditos aos trabalhos relacionados ao tema/área;
- identificar metodologia e equipamentos;
- oferecer leitura básica;
- retificar o próprio trabalho e/ou o trabalho de outros;
- analisar trabalhos anteriores; sustentar declarações;
- informar aos pesquisadores de trabalhos futuros;
- dar destaque a trabalhos poucos disseminados (não citados);
- validar dados e categorias de constantes físicas e de fatos etc;
- identificar publicações originais nas quais numa ideia ou um conceito são discutidos;
- identificar publicações originais que descrevam conceitos ou termos epônimos, por exemplo, Mal de Hodgkin;
- contestar trabalhos ou ideias de outros;
- debater a primazia das declarações de outros.

O autor destaca que a citação expressa uma relação entre dois documentos (citante e citado). Além disso, outras razões podem estar relacionadas ao ato de citar: “haverá invariavelmente uma lacuna entre por que o autor citou e por que nós pensamos que o autor citou” (MACIAS-CHAPULA, 1998, p. 136).

A natureza de rede que se estabelece entre os artigos científicos pode ser vista sob a perspectiva do ato de citação, ou seja, nas referências bibliográficas contidas num determinado trabalho. A citação forma redes de ligação entre os

artigos (aquele que citou e aquele que é citado). Esta rede apresenta características dos próprios artigos e da prática da citação (SOLLA PRICE, 1965).

No estudo desenvolvido por Solla Price (1965), a média de referências contidas nos artigos publicados é de 15. Dentre as referências, 12 são de artigos, publicações seriadas. As demais envolvem outros tipos de publicações: livros, teses e relatórios. A partir deste estudo, Price constatou que 35% artigos publicados nunca foram citados e 49% receberam pelo menos 1 citação. Desse modo, temos uma parcela pequena de trabalhos que serviram de referência para outros estudos, sendo citados 2 vezes ou mais. Para o autor, esses artigos que obtiveram citações são considerados frentes de pesquisa na ciência.

Outro indicador é a coautoria. Trata-se da produção científica que conta com mais de um autor, refletindo em si o grau de colaboração na ciência em nível nacional e internacional. “O crescimento ou o declínio da pesquisa cooperativa podem ser medidos” (MACIAS-CHAPULA, 1998, p. 137).

O ato de colaboração parte de afinidades e de metas comuns a serem atingidas. A cooperação entre dois ou mais pesquisadores é a unidade fundamental da colaboração. Esta estrutura de múltiplos autores é denominada coautoria e é uma das unidades fundamentais para mensurar a atividade colaborativa. Os níveis de colaboração podem ser reconhecidos como “Intra” ou “Inter”. O primeiro trata da colaboração nacional que é estabelecida entre indivíduos do mesmo grupo, do mesmo departamento, da mesma instituição, do mesmo setor ou da mesma nação. O último é a colaboração internacional e assume as mesmas características de colaboração da primeira (KATZ e MARTIN, 1997, p. 9).

Segundo Meadows (1999, p. 108), o trabalho em equipe, ou seja, em colaboração, inicia na primeira metade do século XX. Neste período, há o início de grupos científicos formados por assistentes, estudantes de doutorado e técnicos, sob orientação do pesquisador sênior.

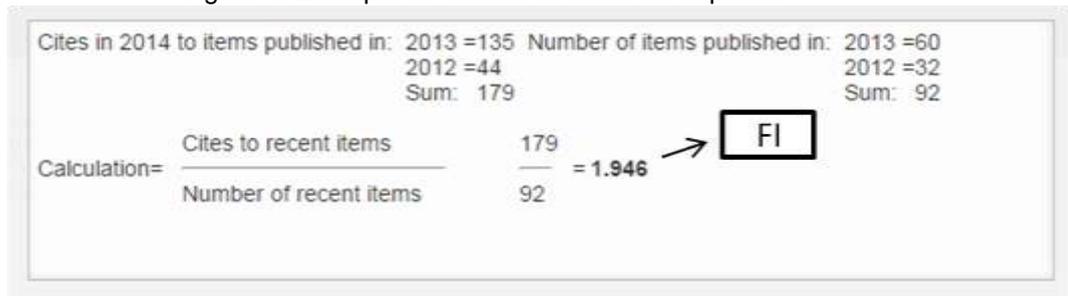
Para o autor, as razões do trabalho em equipe estão relacionadas ao crescimento e à especialização da pesquisa: “O trabalho em equipe tem grande impacto tanto na comunidade formal quanto na informal. Em pequenos grupos, ou em colaboração entre pares, todos os participantes podem ter uma visão razoável do projeto de pesquisa” (MEADOWS, 1999, p. 109).

A partir do índice de citação, Garfield e Sher criam em 1963 o Fator de Impacto (FI) como meio de avaliar a qualidade dos periódicos. O FI disponibilizado

pelo JCR leva em conta o número total de citações (C) recebidas e o número total de artigos publicados (A). A fórmula utilizada para calcular é:  $FI = C/A$ . É importante salientar que a soma total de citações e o número de artigos publicados são do mesmo ano.

Na Figura 1 é possível visualizar como é feito o cálculo deste indicador. O modelo utilizado é do periódico *Zebrafish* e o FI refere-se ao ano de 2014.

Figura 1: Exemplo do cálculo do Fator de Impacto.



Fonte: (JCR, 2015).

Atualmente, as agências de fomento como a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior (CAPES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) usam o FI para avaliar a comunidade de pesquisadores brasileiros (STREHL, 2005).

Contudo, o uso do Fator de Impacto deve ser aplicado de modo contextualizado e relativizado (STREHL, 2003). Devido às especificidades de cada área do conhecimento, o valor agregado ao Fator de Impacto pode variar. Desta forma, o FI de um periódico não pode ser comparado quando se trata de áreas de distintas.

No contexto atual, os indicadores cientiométricos tornaram-se essenciais, pois servem para (re)definir políticas públicas, avaliar os rumos da ciência, refletir sobre as políticas científicas e visualizar o crescimento quantitativo da ciência (MACIAS-CHAPULA, 1998), além de identificar as tendências da comunicação científica e seu impacto.

Para Mugnaini (2013, p. 38), os números obtidos através dos indicadores adotados representam o potencial de desenvolvimento de um país, revelando disparidades entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento.



## 4 COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA

A ciência é um sistema de produção de informação que se legitima com o registro e a divulgação dos resultados através da publicação (independentemente do tipo e do suporte, e que pode estar formato impresso ou digital) (SPINAK, 1998).

Comunicação científica é tratada como uma forma de troca de informações entre os cientistas (KAPAN e STORRER, 1968 apud MUELLER, 1995). A autora ainda complementa que a comunicação científica

inclui todas as atividades associadas com a produção, disseminação e uso da informação, desde a hora em que o cientista teve a ideia da pesquisa até o momento em que os resultados de seu trabalho são aceitos como parte integrante do conhecimento científico (GARVEY, 1979 apud MUELLER, 1995, p. 64).

Meadows (1999, VII) diz que “A comunicação situa-se no próprio coração da ciência”. Por isso, a comunicação é tão importante quanto à própria pesquisa, pois cumpre um papel chave na difusão dos resultados obtidos pelos cientistas.

Contudo, a produção científica não se finda com a publicação dos resultados obtidos, ela compõem um ciclo (Figura 2). Dentre as etapas do ciclo está o acesso aos resultados e o seu uso que geram novas informações e conhecimento (MENECHINI, 2012). O pesquisador, deste modo, assume o papel de produtor e de consumidor da informação (TARGINO, 2000).

Figura 2: Representação cíclica da fabricação da ciência.



Fonte: MENECHINI, 2012.

O acesso e o uso da informação científica é *conditio sine qua non* para o progresso científico. Desta forma, a publicação compõe uma etapa importante para

garantir o avanço da área de pesquisa e a retroalimentação do ciclo da fabricação da ciência.

Além disso, há a questão que permeia o “mundo” científico: *Publish or perish?* (Publicar ou perecer?). Esta frase recuperada por Garfield (1996) reflete a ideia de competição entre os cientistas – conquista de notoriedade, oportunidade de um bom emprego, possibilidade de contribuir para o avanço da ciência, fazer currículo e progredir na carreira (ALVES, 2014). Caso contrário, o destino é o esquecimento.

Os instrumentos e métodos aplicados pela cienciometria foram idealizados justamente para identificar e tratar as informações contidas nas publicações científicas ou técnicas. Os resultados de pesquisa podem ser publicados através de artigos, de livros, de patentes, entre outras formas. Cada tipo de publicação assume papéis diferentes na atividade dos pesquisadores (CALLON, COURTIAL e PENAN, 1995).

Contudo, o periódico constitui a mais importante fonte de informação nas ciências (MEADOWS, 1999) e tem o artigo como a sua matéria prima. Trata-se de uma publicação que passa por um processo de certificação através da avaliação pelas comissões científicas, ou seja, o trabalho do pesquisador é revisado pelos seus pares (*peer review*). Quem julga se a pesquisa de fato contribui para o avanço da ciência é a própria comunidade científica (MEADOWS, 1999). Desta forma, os artigos em periódicos passam por esse processo de certificação.

As reflexões a seguir transcorrem sobre os periódicos, visto que se trata do principal canal de comunicação utilizado pela comunidade científica.

O periódico, também conhecido como revista científica, tem como principal função o registro da produção intelectual e dos avanços do conhecimento (GONÇALVES, RAMOS e CASTRO, 2006). Além disso, a sua publicação regular reflete a consolidação de uma área acadêmica (ANDRADE e OLIVEIRA, 2011).

O periódico é considerado como uma forma de comunicação formal, pois se encontra disponível por um longo período de tempo e atinge um público amplo. Já as formas faladas e/ou correspondências pessoais são meios de comunicação informais que, por sua vez, é uma comunicação efêmera e atinge um público limitado (MEADOWS, 1999).

No decorrer dos anos, as formas como as revistas científicas se apresentam evoluíram e isso é decorrente das transformações tecnológicas e do grau de

exigências da comunidade científica (MEADOWS, 1999). Além disso, a estruturação interna dos artigos também sofreu modificações, possibilitando a rápida recuperação de informações (MEADOWS, 1999).

A escolha do periódico no momento de publicar o resultado de pesquisa é um problema que permeia o trabalho dos cientistas (MEADOWS, 1999). Os fatores atrelados a escolha envolvem: visibilidade e impacto dos trabalhos.

Para Meneghini e Packer (2006) a visibilidade da produção científica está relacionada com a visibilidade dos periódicos: “Quanto mais visíveis forem os periódicos, mais visível será a produção científica” (MENECHINI e PACKER, 2006, p. 237).

Visto que a produção científica passa por um processo de certificação, o nível de visibilidade ou prestígio do periódico favorece maior reconhecimento desta certificação (MENECHINI e PACKER, 2006). Os periódicos com alta visibilidade contam com comissões de avaliação altamente reconhecida pela comunidade científica.

Meneghini e Packer (2006) salientam que o conceito de visibilidade na comunicação científica tomou grande valor com o crescimento da pesquisa científica, assistida na metade do século passado. Diante da quantidade elevada de manuscritos submetidos para publicação, as estratégias empregadas pelos periódicos ao avaliar os trabalhos recebidos são mais seletivas, elevando as taxas de rejeição. Desta forma, os periódicos com mais visibilidade no meio científico tendem a receber quantidades elevadas de trabalhos, o que contribui, segundo os autores, “para melhorar e estabilizar a qualidade dos artigos aprovados para publicação” (p. 241).

Para Meneghini e Packer (2006) a visibilidade ocorre em duas dimensões que se relacionam mutuamente: ser referência e ser indexado em índices de prestígio (nacional e internacional). A dimensão de ser referência:

[...] refere-se a sua condição de fonte de informação essencial ou como referência amplamente reconhecida no âmbito de uma disciplina ou uma área temática. Isto é, o periódico é referência de qualidade e credibilidade para comunidades de pesquisadores e profissionais (MENECHINI e PACKER, 2006, p. 240).

Além de ser referência, segundo os autores, o periódico deve ter perspectiva de manter-se referência ou de ser potencial de referência junto à comunidade

científica como meio de comunicação (preferencial) para publicação, leitura e citação.

Quanto ao aspecto da segunda dimensão, da indexação, “[...] refere-se a sua condição e capacidade de ser acessado, como fonte de informação em resposta a demandas específicas” (MENEZHINI e PACKER, 2006, p. 245). Estas demandas, segundo os autores, dizem respeito as pesquisas bibliográficas realizadas em índices e bases de dados bibliográficos ou ainda via buscadores na web.

Desse modo, a visibilidade do periódico também está relacionada com o local de indexação: “um periódico é mais visível quando ele está indexado nos índices referenciais com mais visibilidade na sua área temática [...]” (MENEZHINI e PACKER, 2006, p. 246).

Dentre os diversos índices bibliográficos mencionados pelos autores, destacamos dois como exemplo: Scientific Electronic Library<sup>11</sup> (*SciELO*) e *Web of Science*<sup>12</sup> (*WoS*). *SciELO* é um índice de caráter multidisciplinar que abrange países da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal. Atua diretamente com periódicos de acesso aberto. Esta iniciativa tem ampliado as possibilidades de acesso à produção brasileira em nível internacional. Além disso, tem favorecido a entrada de periódicos brasileiros e de outros países no ISI (MENEZHINI e PACKER, 2006).

Já a *WoS* é um índice de caráter multidisciplinar internacional, mantida pelo ISI, do grupo Thomson Reuters. Através da *WoS* é possível ter acesso aos relatórios de citações. Outro recurso mantido pelo ISI é o *Journal Citation Reports* (*JCR*), o qual fornece dados do Fator de Impacto (FI) dos periódicos: “[...] fazer parte do *JCR* é interpretado como o mais alto nível que um periódico pode atingir em indexação e visibilidade internacional” (MENEZHINI e PACKER, 2006, p. 248).

Segundo Meneghini e Packer (2006), os critérios de seleção de um periódico para compor uma base de dados passa pela avaliação de especialistas e de comitês. Deste modo, a qualidade de um determinado periódico é também vista sob a perspectiva do local onde ele está indexado. Os periódicos que são indexados em índices e bases de dados de prestígio tendem a ser vistos como periódicos de qualidade.

---

<sup>11</sup> <http://www.scielo.br/>

<sup>12</sup> <http://thomsonreuters.com/>

No Brasil, a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) criou o Qualis para avaliar os periódicos brasileiros. Este processo de avaliação foi desenvolvido porque boa parte dos periódicos nacionais não está indexada em bases de dados que fornecem este tipo de avaliação.

O Qualis foi aplicado pela primeira vez em 1998 e se trata de “conjunto de procedimentos utilizados pela CAPES para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação” no Brasil. Desta forma, a produção científica brasileira passa por um processo de avaliação através dos estratos de qualidade dos veículos de publicação, ou seja, da qualidade aferida aos periódicos científicos utilizados pela comunidade científica (CAPES, 2014).

Na prática editorial, segundo Frigeri e Monteiro (2014), o Qualis tornou-se um sistema de avaliação extremamente importante para a garantia da qualidade das publicações. Ao criar demandas competitivas e padronizadas, o sistema de avaliação classifica não apenas os periódicos, mas os próprios pesquisadores brasileiros.

Conforme podemos observar, a garantia de que uma determinada pesquisa alcance maior número de acessos e uso está diretamente associada ao fator visibilidade do periódico, que por sua vez, está relacionada com qualidade e credibilidade. Deste modo, a escolha em publicar os resultados de pesquisa requer do(s) autor(es) o entendimento, anteriormente referido, que a comunicação científica é tão importante quanto os resultados obtidos: “O processamento da informação é a essência da atividade científica, sendo assim os canais de comunicação devem ser os mais eficientes possíveis, para que o consumidor de ciência possa melhor aproveitá-la” (PÉCORA, 1997, p. 159).

Contudo, não adentramos aqui em questões sobre as disparidades existentes nos canais de comunicação científica entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. Meneghini e Packer (2006) salientam as desvantagens enfrentadas pelos periódicos brasileiros e de outros países emergentes no que diz respeito à visibilidade e a sua inclusão nos índices de referência. Sugerem esforços no sentido de criar medidas para fortalecer a pesquisa brasileira bem como investir nos periódicos nacionais para que alcancem maior visibilidade e impacto.

## **5 ARTIGO 1: Produção e impacto científico da utilização do *Zebrafish* como um modelo alternativo de pesquisa no Brasil**

Este artigo foi submetido ao edital do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (X ENPEC), 2015, obtendo aprovação para apresentação e para publicação. Trata-se de um evento promovido pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) e tem por objetivo “reunir e favorecer a interação entre os pesquisadores das áreas de Ensino de Física, Química, Biologia, Geociências, Ambiente, Saúde e áreas afins” e que possam contribuir com o tema proposto: “As Políticas educacionais e Educação em Ciências: impactos na pesquisa, no ensino e na formação profissional” (ABRAPEC, 2015). É considerado pela comunidade da Educação em Ciências o maior evento da área. Na área de Ensino, o Qualis de 2014 das Atas ENEPC é A1 (CAPES, 2015).

### **Produção e impacto científico da utilização do *Zebrafish* como um modelo alternativo de pesquisa no Brasil**

### **Scientific production and impact of the use of *Zebrafish* as an alternative model of research in Brazil**

**Ediane Maria Gheno**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
edianeghen@hotmail.com

**Denis Broock Rosemberg**

Universidade Federal de Santa Maria  
dbrosemberg@gmail.com

**Diogo Onofre de Souza**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
diogo@ufrgs.br

**Luciana Calabró**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
luciana.calabro.berti@gmail.com

## Resumo

Este estudo investiga, através de indicadores cientométricos, as características da produção científica, impacto e colaboração de pesquisas sobre o *zebrafish* na ciência brasileira indexada na *Web of Science*. O uso do *zebrafish* (*Danio rerio*) como organismo modelo experimental tem alcançado notória importância em pesquisa científica nos últimos anos. Constata um crescimento na produção científica sobre o *zebrafish* em âmbito nacional e internacional. No Brasil, o estado com maior produção é o Rio Grande do Sul e a Instituição de Ensino Superior com maior número de registros é a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Identifica crescimento e estabilidade no impacto de citações. A média do Fator de Impacto dos periódicos é mais alta nos trabalhos com coautoria internacional. Sugere-se para ampliação deste estudo a análise de redes de colaboração institucional em âmbito nacional e internacional.

**Palavras-chave:** cientometria, bibliometria, comunicação científica, zebrafish.

## Abstract

This study investigates scientometric indicators of scientific production, impact and collaboration of research conducted using zebrafish by the Brazilian community indexed in the Web of Science. In the recent years, the use of zebrafish (*Danio rerio*) as an experimental model has achieved remarkable importance in terms of scientific production. In fact, there is an exponential growth in the scientific production using zebrafish. In Brazil, Rio Grande do Sul is the state with the highest number of scientific publications, particularly the Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, which constitutes the institution of higher education with the highest number of records. Identifies growth and stability in citation impact. Remarkably, the average of impact factor is significantly higher when working in international collaboration. To expand this study, it is suggested to analyze institutional collaborations network at national and international levels.

**Key words:** scientometrics, bibliometrics, scientific communication, zebrafish.

## Introdução

O uso do *zebrafish* (*Danio rerio*) como organismo modelo experimental tem alcançado notória importância nas pesquisas científicas nos últimos anos. A semelhança dos genes do *zebrafish* com os genes humanos tem estimulado a comunidade científica a utilizá-lo como alternativa ao uso de outros animais, como roedores, em diferentes áreas do conhecimento. O *zebrafish* é conhecido popularmente como paulistinha ou peixe zebra (SILVEIRA, SCHNEIDER e HAMMES, 2012). Em virtude da relevância deste animal à prática científica e pelos os avanços obtidos a partir do seu uso, este estudo busca investigar, a partir de indicadores cientométricos, as características da produção científica, do impacto e da colaboração de pesquisas sobre o *zebrafish* na ciência brasileira indexada na *Web of Science*.

O *zebrafish* é uma espécie de peixe em que suas informações hereditárias encontram-se decodificadas, apresentando um elevado grau de homologia (aproximadamente 70%) aos genes do ser humano (HOWE et al, 2013). Mesmo com os avanços nas políticas científicas, a eliminação total de animais em experimentos é ainda um desafio para a ciência. Como a descoberta da ação de drogas e a potencial inovação tecnológica na síntese de fármacos ainda depende de testes biológicos, o *zebrafish* reúne características relevantes por atender o critério

dos 3 Rs (*replacement, refinement, reduction*). Por possuir mecanismos genéticos e bioquímicos evolutivamente conservados, a utilização do *zebrafish* em estudos de triagens possibilita uma redução no uso de animais de maior porte, em uma primeira instância, como roedores, e de diminuir significativamente a quantidade necessária de compostos a ser testada (visto que os mesmos podem ser administrados intraperitonealmente em um pequeno volume) (ROSEMBERG et al., 2011).

Com os avanços informacionais e tecnológicos, parâmetros métricos se consolidam no meio científico para mensurar produção, impacto, investimentos e capital humano (MUGNAINI, 2013). Neste contexto, permeado pelos avanços da tecnologia e pelo uso do computador, Eugene Garfield, fundador do *Institute of Scientific Information* (ISI), cria, em 1963, o *Science Citation Index* (SCI), primeiro índice de citação. Trata-se de um marco para o aprimoramento das técnicas bibliométricas (ARAÚJO, 2006).

Tague-Sutcliffe (1992) define bibliometria como o estudo dos aspectos quantitativos da produção, dispersão e uso da informação registrada e se vale de padrões e modelos matemáticos. Já a cienciometria é definida como o estudo dos aspectos quantitativos da ciência enquanto uma disciplina ou atividade econômica (TAGUE-SUTCLIFE, 1992). A cienciometria é responsável pela análise da evolução da produção científica a partir dos indicadores de publicação (SPINAK, 1998). Atualmente, estes indicadores tornaram-se essenciais, pois servem para (re)definir políticas públicas, avaliar os rumos da ciência, refletir sobre as políticas científicas e visualizar o crescimento quantitativo da ciência (MACIAS-CHAPULA, 1998).

Os indicadores cienciométricos aqui utilizados são definidos por Macias-Chapula (1998) como: Produção (número de trabalhos publicados que refletem os produtos da ciência), Citação (impacto dos artigos) e Coautoria (colaboração em nível nacional e internacional). Além deles, inclui-se o Fator de Impacto (FI), indicador publicado pelo *Journal Citation Reports* (JCR), *Thompson Reuters*, que tem como objetivo avaliar de forma quantitativa os periódicos científicos (STREHL, 2005).

O ato de colaboração parte de afinidades e de metas comuns a serem atingidas. Para Katz e Martin (1997, p. 9), a cooperação entre dois ou mais pesquisadores é a unidade fundamental da colaboração. Contudo, há outros níveis de colaboração que podem ser reconhecidos ‘entre’ ou ‘dentre’ diferentes níveis (individual, grupo, departamento, instituição, setor, nação) e distinções (*Intra*: dentro de uma mesma nação; *Inter*: diferentes nações). Os autores utilizam coautoria como sinônimo de colaboração e que seus efeitos são passíveis de verificação.

O FI foi criado por Garfield e Sher, em 1963, como meio de avaliar a qualidade dos periódicos. O FI é calculado pelo número de citações recebidas dividido pela quantidade de artigos publicados pelo periódico (mesmo ano). Atualmente, as agências de fomento brasileiras, como a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior (CAPES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), usam o FI para avaliar a comunidade de pesquisadores (STREHL, 2005).

Meneghini (2012) apresenta duas tendências de publicação dos resultados de pesquisa no Brasil, a Rota Seletiva (Periódicos estrangeiros) e a Rota Regional (Periódicos nacionais). O impasse de ambas as tendências está na visibilidade, no reconhecimento e no prestígio dos periódicos, o qual é medido pelo FI. Para o autor, os participantes da Rota Seletiva alcançam maior visibilidade junto à comunidade científica e têm autoridade para interferir politicamente nas decisões.

Visto que o *zebrafish* é uma espécie que tem contribuído para o avanço nas pesquisas em diversas áreas da ciência e que apresenta vantagens ao uso de roedores, este trabalho pretende

despertar o interesse de instituições de ensino (públicas e privadas), empresas e governo em criar novos centros de pesquisa e investir em melhorias dos que já existem como. Como não há estudos cientométricos sobre o tema, este estudo pode ser útil à comunidade científica para compreender algumas características da produção científica relacionada à utilização do *zebrafish* como organismo alternativo no Brasil.

## Metodologia

Esta pesquisa consiste num estudo cientométrico, realizado com base em indicadores de produção, impacto e colaboração (MACIAS-CHAPULA, 1998), obtidos a partir da produção científica que utiliza o *zebrafish* e que tenha pelo menos um autor que declarado na afiliação vínculo com instituição brasileira.

A coleta de dados deu-se na base de dados *Web of Science (WoS)*, pertencente ao *Institute for Scientific Information (ISI)*, do grupo *Thompson Reuters*, no dia 3 de março de 2015, utilizando o acesso pela “Principal Coleção do Web of Science”. O termo escolhido no campo de busca foi “Zebrafish” e, como segunda opção de campo, se fez uso do operador booleano “OR” com o termo “Danio rerio”. Os tipos de documentos selecionados foram: *article*, *proceeding paper* e *review*. O período do referente estudo compreende os anos de 1955 (primeiro registro sobre o tema) a 2014. Os resultados obtidos nesta primeira busca foram de 25.480 registros, correspondendo à produção científica mundial. Após, fez-se uso da opção “Refinar resultados” para delimitar a pesquisa por país, no caso “Brazil”. Os resultados alcançados foram de 318 registros. A escolha pela respectiva base de dados deu-se pela sua abrangência em termos de cobertura. Todos os dados coletados referentes aos registros foram importados e normalizados no Microsoft MExcel®.

Este estudo refere-se aos 318 registros, total de trabalhos de pesquisadores que declararam em sua afiliação algum vínculo com instituição brasileira (doravante considerado produção científica brasileira). A partir destes dados, buscou-se identificar se há autor correspondente brasileiro, o seu vínculo institucional, obtido através da Instituição de Ensino Superior (IES), e a Unidade Federativa da instituição. A análise a partir de autor(a) correspondente deu-se pelo importante papel que ele(a) desempenha como mediador(a) (equipe de pesquisa e editor das revistas ao qual se submetem os artigos), como responsável para possíveis revisões e, como em alguns casos, ser o(a) coordenador(a) do projeto ou grupo de pesquisa.

Para medir o impacto das citações foi utilizado uma janela de 3 anos, seguindo os critérios metodológicos do *Journal Citation Reports (JCR)*, soma das citações dividido pelo número de artigos (mesmo ano). As médias avaliativas do impacto correspondem aos anos 1999, 2002, 2005, 2008, 2011 e 2014.

Posteriormente, verificaram-se as tendências da comunicação científica, observando a origem dos periódicos em que os resultados foram publicados. Outro ponto observado foi a colaboração nacional e internacional.

A partir das informações acima obtidas, optou-se pela divisão de três grupos (A, B e C) para calcular a média de Fator de Impacto dos periódicos (FI coletado no *JCR*, referente ao ano de 2013), a saber: A: Produção com autor correspondente brasileiro sem coautoria internacional; B: Produção com autor correspondente brasileiro com coautoria internacional; C: Produção com autor correspondente internacional com coautoria nacional. A criação desses grupos deu-se pelas suas particularidades e pela possibilidade de relacionar impacto versus origem da colaboração (nacional ou internacional).

## Resultados

A produção científica mundial do tema *zebrafish* é de 25.480 registros. O primeiro artigo é datado de 1955. Deste ano até os finais dos anos 1980 não há profundas modificações em termos de produtividade. É somente a partir dos anos de 1990 que a produção científica no tema tem um crescimento ininterrupto (Figura 1).

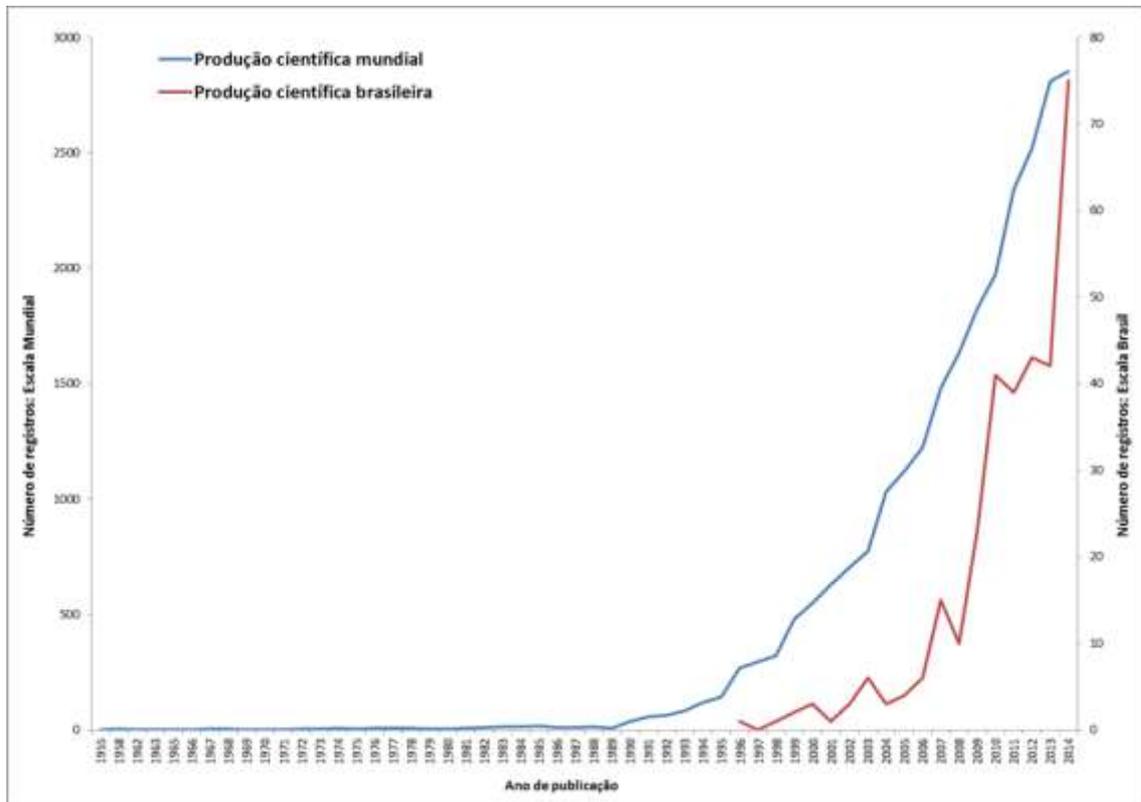


Figura 1: Distribuição anual da produção científica sobre o *zebrafish* no mundo (1955-2014) e no Brasil (1996-2014).

A produção científica brasileira envolvendo a utilização do *zebrafish* se dá a partir de 1996 (Figura 1). Deste ano até 2014 o número de registros é de 318. Há oscilações na produção entre os anos de 1996 e 2008. Em 2009, o número de registros publicados chega a 23, praticamente o dobro em comparação com o ano anterior (em 2008 foram 10 registros). Desde então, a produção científica vem aumentando de forma significativa. Em 2014, registra-se 75 trabalhos.

Dos 318 registros com afiliação brasileira, em 257 deles o autor correspondente é pesquisador brasileiro. Os demais estão distribuídos nos respectivos países de origem: Estados Unidos (26), Inglaterra (7), Holanda (5), Escócia (4), Espanha (4), Portugal (3), Alemanha (3), Canadá (3), Argentina (2), França (2), Áustria (1) e Japão (1).

Dos 257 registros, tendo pesquisadores brasileiros como autor correspondente, buscou-se identificar os dez autores com maior número de registros. Os seguintes pesquisadores se destacam: Bonan, CD (PUC-RS, 22 registros), Marins, LF (FURG, 15), Maximino, C (UFPA, 14), Bogo, MR (PUC-RS, 11), Barcellos, LJJ (UPF, 9), Monserrat, JM (FURG, 6), Rosemberg, DB (UFRGS, 6), Costa, ML (UFRJ, 4), Da Silva, RS (PUC-RS, 4) e Vianna, MR (PUC-RS, 4).

Dentre as IES dos autores correspondentes, a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) se sobressai com 53 registros; depois estão a Fundação Universidade de Rio

Grande (FURG, 30 registros), a Universidade de São Paulo (USP, 20), a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 19), Universidade Estadual Paulista (UNESP, 18), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ, 15), Universidade Federal do Pará (UFPA, 12), Universidade de Passo Fundo (UPF, 9), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz, 8) e Universidade Federal de São Carlos (UFSCar, 7). Foram consideradas as dez IES com maior número de registros.

Quanto às Unidades Federativas, o estado do Rio Grande do Sul concentra o maior número de autorias correspondentes (122), em seguida estão os seguintes estados: São Paulo (54), Rio de Janeiro (22), Pará (18), Minas Gerais (13), Paraná (11), Brasília (7), Manaus (5), Santa Catarina (4) e Ceará (1).

O impacto de citações (janela de 3 anos) nos forneceu as seguintes médias avaliativas dos períodos analisados: 1999 (1), 2002 (3,5), 2005 (1,5), 2008 (1,96), 2011 (3,17) e 2014 (3,41). Em 2002, a média avaliativa do impacto foi superior aos demais períodos. Ao verificarmos os registros para melhor entender esse pico na média, constatamos que um artigo detém 61,9% das citações, representando maior uso pela comunidade científica e elevando desta forma a média. A partir de 2005, o impacto de citações apresenta crescimento e estabilidade.

No que diz respeito às tendências da produção científica brasileira, 90% dos trabalhos foram publicados em periódicos estrangeiros.

Identificamos que 90% da produção científica brasileira é feita em colaboração (registros que envolvem mais de um autor). 32% dos trabalhos publicados foram produzidos em colaboração com pesquisadores estrangeiros (colaboração internacional), 57% em colaboração nacional (entre pesquisadores da mesma instituição e/ou entre instituições brasileiras) e 10% sem colaboração, ou seja, publicações com apenas 1 autor

Para analisar o impacto, adotou-se, conforme mencionado na metodologia, uma divisão a partir de três grupos A, B e C. A produção com autor correspondente brasileiro sem coautoria internacional (grupo A), com 214 registros, obteve uma média de FI de 2.33. O grupo B, com 43 registros, refere-se à produção com autor correspondente brasileiro com coautoria internacional e a média de FI é de 3.15. Já o grupo C, com 61 registros, é referente à produção com autor correspondente internacional com coautoria nacional e a média de FI é de 4.74.

## CONCLUSÃO

A produção científica mundial sobre o *zebrafish* cresce a partir da década 1990 de forma ininterrupta. No Brasil, especificamente, a produção científica começa no ano de 1996, seis anos após a consolidação do tema na literatura internacional. A partir de 2009 constatou-se um crescimento contínuo da produção científica, porém muito inferior à produção internacional.

Na produção nacional, os autores correspondentes com maior número de registros são provenientes do estado do Rio Grande do Sul e a IES que se destaca é a PUC-RS. Este crescimento no sul do Brasil pode estar relacionado ao fato da PUC-RS ser uma das entidades pioneiras nos estudos sobre o *zebrafish* como organismo modelo experimental.

A partir de 2005, o impacto de citações apresenta crescimento e estabilidade. Este indicador aponta que a produção científica brasileira está tendo impacto junto à comunidade científica, servindo de referência para outros estudos.

Outro fator a ser mencionado é a internacionalização da pesquisa brasileira. Notou-se que a escolha dos pesquisadores em divulgar os seus resultados em periódicos estrangeiros chega a 97%.

Observou-se que a coautoria internacional é de 33%. Esta prática, segundo Kutz e Martins (1997), tem crescido nos últimos anos e que questões de cunho social, político e econômico podem estar envolvidas. Além disso, os autores referenciam a influência da colaboração no impacto dos trabalhos. Neste caso, a colaboração internacional impacta na média de FI. Observou-se que o grupo A, composto por autores brasileiros sem coautoria internacional, a média de FI é mais baixa em comparação com os grupos B e C, com colaboração internacional. O trabalho colaborativo entre pesquisadores é de grande importância para melhorar os resultados e potencializar a produção científica. Quando comparada a pesquisadores isolados, a colaboração científica ressignifica o fazer ciência desse grupo (Weisz; Roco, 1996 apud BALANCIERI et al, 2005).

O grupo pretende, para ampliação deste estudo, fazer a análise de redes de colaboração institucional em âmbito nacional e internacional. Para Vanti (2011, p. 23), os indicadores de coautoria permitem refletir sobre as redes sociais colaborativas (nacional ou internacional) estabelecidas entre pesquisadores, instituições e países.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006.
- BALANCIERI, R. et al. A análise de redes de colaboração científica sob as novas tecnologias de informação e comunicação: um estudo na Plataforma Lattes. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, n. 1, out. 2005. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/index.php/ciinf/article/viewArticle/619/551>>. Acesso em: 31 ago. 2014.
- HOWE, K. et al. The zebrafish reference genome sequence and its relationship to the human genome. **Nature**, n. 496, p. 498-503, 25 abr. 2013. Disponível em: <<http://www.nature.com/nature/journal/v496/n7446/full/nature12111.html#close>>. Acesso em: 12 mar. 2015.
- KATZ, J. S.; Martin, B. R. What is research collaboration?. **Research Policy**, v. 26, p. 1-18, 1997. Disponível em: <<http://ac.els-cdn.com.ez45.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 26 fev. 2015.
- MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciométrica e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, maio/ago. 1998.
- MENEGHINI, R. Publicação de periódicos nacionais de ciência em países emergentes. **Educação em Revista**, Belo horizonte, v. 28, n. 2, p. 435-442, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/edur/v28n2/a20v28n2.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2014.
- MUGNAINI, R. 40 anos de Bibliometria no Brasil: da bibliografia estatística à avaliação da produção científica nacional. In: HAYASHI, Maria Cristina Piumbato Innocentini; LETA, Jacqueline (Orgs.). **Bibliometria e cienciométrica**: reflexões teóricas e interfaces. São Carlos, SP: Pedro e João Editores, CAPES, 2013.

ROSEMBERG, D. B. et al. Differences in Spatio-Temporal Behavior of Zebrafish in the Open Tank Paradigm after a Short-Period Confinement into Dark and Bright Environments. **Plos One**, v. 6, n. 5, maio, 2011. Disponível em: <<http://link.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

SILVEIRA, T. R. da; SCHNEIDER, A. C.; HAMMES, T. O. Zebrafish: modelo consagrado para estudos de doenças humanas. **Ciência e Cultura**, v. 64, n. 2, p. 4-5, abr./jun. 2012. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v64n2/a02v64n2.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

SPINAK, E. Indicadores cientimetricos. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 141-148, maio/ago. 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v27n2/spinak.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2014.

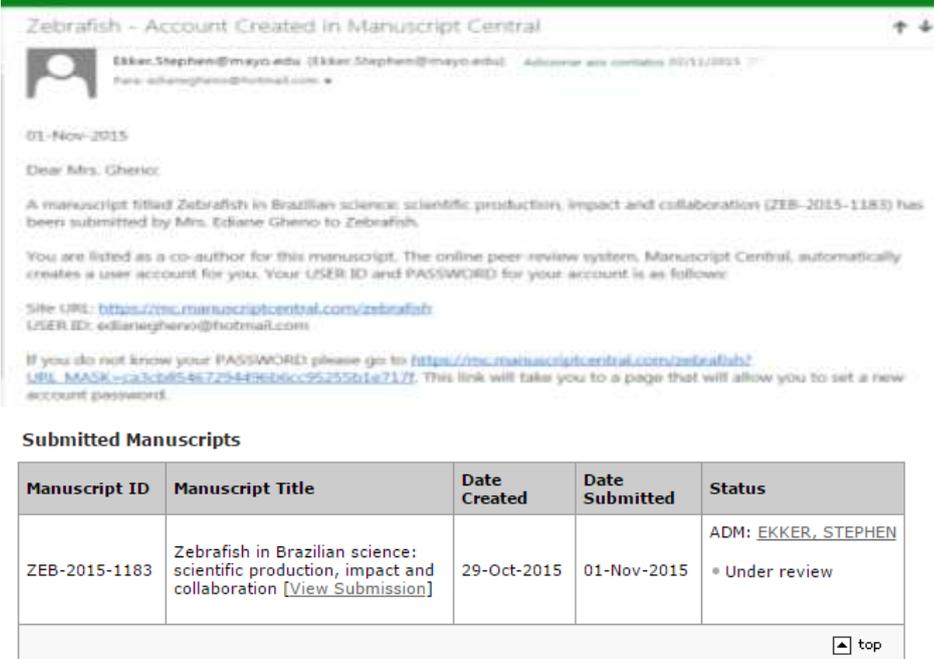
STREHL, L. O fator de impacto do ISI e a avaliação da produção científica: aspectos conceituais e metodológicos. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 19-27, jan./abr. 2005.

TAGUE-SUTCLIFE, J. An introduction to informetrics. **Information Processing and Management**, v. 28, n. 1, p. 1-3, 1992. Disponível em: <<http://ac.els-cdn.com.ez45.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 16 jan. 2015.

VANTI, N. A cienciometria revisitada à luz da expansão da ciência, da tecnologia e da inovação. **Ponto de Acesso**, Salvador, v. 5, n. 3, p. 5-31, dez. 2011. Disponível em: <[www.pontodeacesso.ici.ufba.br](http://www.pontodeacesso.ici.ufba.br)>. Acesso em: 16 jan. 2015.

## 6 ARTIGO 2: Zebrafish in Brazilian science: scientific production, impact and collaboration

Artigo submetido à revista *Zebrafish*, no dia 1º de novembro de 2015, na *Special Issue on Education*. Trata-se de um periódico especializado nos estudos sobre o *zebrafish* (ZEBRAFISH, 2015). Deste modo, optamos em publicar nesta revista por compreender que estaremos mais próximos da comunidade científica que atua com este organismo e, assim, contribuir para a educação científica a partir do olhar da evolução da produção científica no Brasil. Na área de Ensino, o Qualis de 2014 desta revista é B1 (CAPES, 2015). O Fator de Impacto é de 1.946, referente ao ano de 2014 (JCR, 2015).



The screenshot shows an email titled "Zebrafish - Account Created in Manuscript Central". The sender is EKKER, STEPHEN. The email body contains the following text:

01-Nov-2015

Dear Mrs. Gheno:

A manuscript titled *Zebrafish in Brazilian science: scientific production, impact and collaboration* (ZEB-2015-1183) has been submitted by Mrs. Ediane Gheno to *Zebrafish*.

You are listed as a co-author for this manuscript. The online peer-review system, Manuscript Central, automatically creates a user account for you. Your USER ID and PASSWORD for your account is as follows:

Site URL: <https://mc.manuscriptcentral.com/zebrafish>  
 USER ID: edianeigheno@hotmail.com

If you do not know your PASSWORD please go to [https://mc.manuscriptcentral.com/zebrafish?URL\\_MASK=ca3cb95467294496b6cc95355b1e717f](https://mc.manuscriptcentral.com/zebrafish?URL_MASK=ca3cb95467294496b6cc95355b1e717f). This link will take you to a page that will allow you to set a new account password.

**Submitted Manuscripts**

Manuscript ID	Manuscript Title	Date Created	Date Submitted	Status
ZEB-2015-1183	<i>Zebrafish in Brazilian science: scientific production, impact and collaboration</i> [ <a href="#">View Submission</a> ]	29-Oct-2015	01-Nov-2015	ADM: <a href="#">EKKER, STEPHEN</a> • Under review

▲ top

Ediane Maria Gheno, Denis Broock Rosemberg, Diogo Onofre Souza, Luciana Calabró

## *Zebrafish* in Brazilian science: scientific production, impact and collaboration

### Abstract

Using scientometric indicators, this study investigated the features of scientific production and research collaboration involving *zebrafish* (*Danio rerio*) in Brazilian Science indexed by *Web of Science* in the period 1996-2014. Citation data were collected in *Web of Science* and data regarding Impact Factor from journals in *Journal Citation Reports*. Collaboration was evaluated according to co-authorship data, creating representative nets with VosViewer. *Zebrafish* as an experimental model organism has been achieving a remarkable importance in

recent years and an increase in scientific production with *Zebrafish* is observed in Brazil and around the world. The state of Rio Grande do Sul has the greatest number of papers and the institution with the largest number of registers is Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. We also point out an increase in citation impact of the articles through the time studied. Journals' average Impact Factor is higher in Brazilian works with international co-authorship, and around 90% of articles are collaborative. Brazilian institutions presenting the greatest number of collaborations are: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Fundação Universidade Federal de Rio Grande and Universidade de São Paulo. These registers indicate that Brazilian research using the *zebrafish* shows an exponential increase in terms of number of publication, impact factor, citation, and collaborative works.

**Keywords:** Brazil. Scientometric. Bibliometric. Scientific communication. *Zebrafish*.

## Introduction

*Zebrafish* (*Danio rerio*) as an experimental model organism has been achieving a remarkable importance in recent years. The similarity of *zebrafish* and human genes stimulates its use as a complementary/alternative model organism in scientific research. In Brazil, *zebrafish* is popularly known as "paulistinha", "peixe zebra" or even *zebrafish*<sup>1</sup>. This study aimed to identify some features in Brazilian Science of scientific production, research collaboration and impact about *zebrafish* articles indexed by *Web of Science* using scientometric indicators.

*Danio rerio* (Hamilton 1822) is a fish that belongs to the *cyprinidae* family<sup>2</sup>. Its genetic information is decoded, presenting a high level of homology (around 70%) to the human counterparts<sup>3</sup>. As drug discovery and potential technological innovation for drugs synthesis still depend on biological trials, *zebrafish* includes significant features for meeting 3 Rs criteria (*replacement, refinement, reduction*). Due to its genetic and biochemical mechanisms evolutionarily conserved, the use of *zebrafish* in screening reduces the use of larger size animals, in a first instance, as well as the amount of compounds required for trials (since those can be administered intraperitoneally in a smaller amount)<sup>4</sup>.

Brazilian Council for Animals Testing (CONCEA, *Conselho Nacional de Controle de Experimentação de Animais*), an agency associated to the Ministry of Science, Technology and Innovation, established in 2014 the Normative Resolution, number 17, which regulates the recognition of alternative methods to the use of animals in researches throughout Brazil. Alternative methods defined by CONCEA include procedures that may replace, reduce or refine (3 Rs) the animals' use<sup>5</sup>.

The first researcher to use the *zebrafish* in scientific community was the biologist George Streisinger, from Oregon University, USA. His article entitled *Production of clones of homozygous diploid zebrafish (Brachydanio rerio)*, published in 1981, in the journal *Nature*, is considered "the milestone in translational medicine"<sup>1</sup>.

Scientometric analyses can be used to measure the impact of the scientific literature in Science development. Technological advances have stimulated the use of metric parameters to measure production, impact, investments and human capital<sup>6</sup>. Scientometric indicators are the core of discussions to evaluate Science and Technology development and also to (re)set public policies<sup>7</sup>. Methodological-theoretic basis for scientometric methods arise from bibliometrics, as it is associated to production process measurement, communication and use of registered information<sup>8</sup>.

Tague-Sutcliffe (1992) defines bibliometrics as the study of quantitative aspects of production, dispersion and use of information registered and it use mathematical models and standards. Scientometrics is defined as the study of science quantitative aspects, as a discipline or economic activity<sup>9</sup>, which analyzes scientific production evolution from publication indicators<sup>10</sup>.

Macias-Chapula (1998) proposed some scientometric indicators: production (number of works published), citation impact (the number of citations of works) and Co-authorship (works with national or international collaboration). Additionally, the journals' Impact Factor (IF) is an indicator used for evaluating scientific journals. IF measures the number of citations of works 2 years before their publication (*Journal Citation Reports (JCR), Thompson Reuters*)<sup>11</sup>. Journals' IF was created by Garfield & Sher, in 1963, as a way to measure journals' quality. IF is measured by the number of citations received divided by the number of articles published by the journal. Brazilian development agencies, like CAPES (*Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior*) and CNPq (*Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*) use IF to evaluate researchers' community<sup>1</sup>.

The citation impact is a measurement of the scientific works usability<sup>7,12</sup>. Among several purposes, it could be highlighted the honor to pioneers, credibility of the works, methodology indication, accessibility, discuss points of view, rectify own work or previous ones, validate data, identify original publications<sup>7</sup>.

Co-authorship action arises from affinities and common goals to be reached. Collaboration levels can be recognized as "Intra" or "Inter". The first one includes national collaboration established among individuals of the same group, department, institution, sector or nation. The last one includes international collaboration, with the same features of national collaboration<sup>13</sup>.

The production is related to scientific findings disclosure, acknowledgment and intellectual property. Published papers reflect a country's science products (ideas)<sup>7</sup> and scientific research is essential to stimulate and share information worldwide<sup>10</sup>. Considering that *zebrafish* use has substantially increased in scientific researches, the current report can serve as a basis for resetting public policies for the development of new scientific centers of *zebrafish* research and/or for investing to improve the existing ones. As there are no scientometric studies involving Brazilian studies with *zebrafish*, this study can be useful to the scientific community for understanding some features of Brazilian scientific production and its development.

## Material and Methods

This research consists of a scientometric study using production, impact and collaboration indicators<sup>7</sup>, collected through scientific works about *zebrafish*, having at least one author from a Brazilian institution.

Data were collected in the database *Web of Science (WoS)*, from the *Institute for Scientific Information (ISI)*, from the group *Thompson Reuters*, on March 3<sup>rd</sup>, 2015, using access by "Web of Science Main Collection". The term selected in the search field was "Zebrafish" and, as second field option, the Boolean operator "OR" with the term "Danio rerio". The kind of documents selected was: *articles*, *proceeding paper* and *review*. The period of this study is from 1955 to 2014. The results covered 25,480 registers, matching worldwide scientific production. Then, the option "Refine results" for delimiting search by country was selected, in that case "Brazil". The results showed 318 registers with researchers stating in their affiliation some relationship to Brazilian institutions. The choice for WoS was motivated by its

amplitude of the indexed works containing the terms here investigated. All data collected referring to the registers were imported and normalized in Microsoft MExcel®.

For determining the citation impact of the Brazilian works, a period of 3 years was selected following *Journal Citation Reports* (JCR) methodological criteria: the sum of citations divided by the numbers of works. Here, the citation impact corresponds to the years of 1999, 2002, 2005, 2008, 2011, and 2014.

We have also identified a corresponding Brazilian author with his/her institutional affiliation obtained through IES (Higher Education Institution, *Instituição de Ensino Superior*), and the institution's Federal State. The analysis was performed using the corresponding author because of his/her significant role as mediator (research team and editing journals), as responsible for possible reviews and, in some cases, for a project.

To identify scientific communication tendencies, the origin of the journals was checked, considering if works were from Brazilian or foreign journals.

Then, we evaluated the Impact Factor (IF) of journals available at JCR. IF collected refers to the year 2013. We divided the whole sample into 3 groups for calculating IF, as follows: group A-production with Brazilian corresponding author without international co-authorship; group B-production with Brazilian corresponding author with international co-authorship; group C-production with international corresponding author with national co-authorship. The establishment of these groups permitted evaluates the relationship between IF and the kind of co-authorship established: national or international.

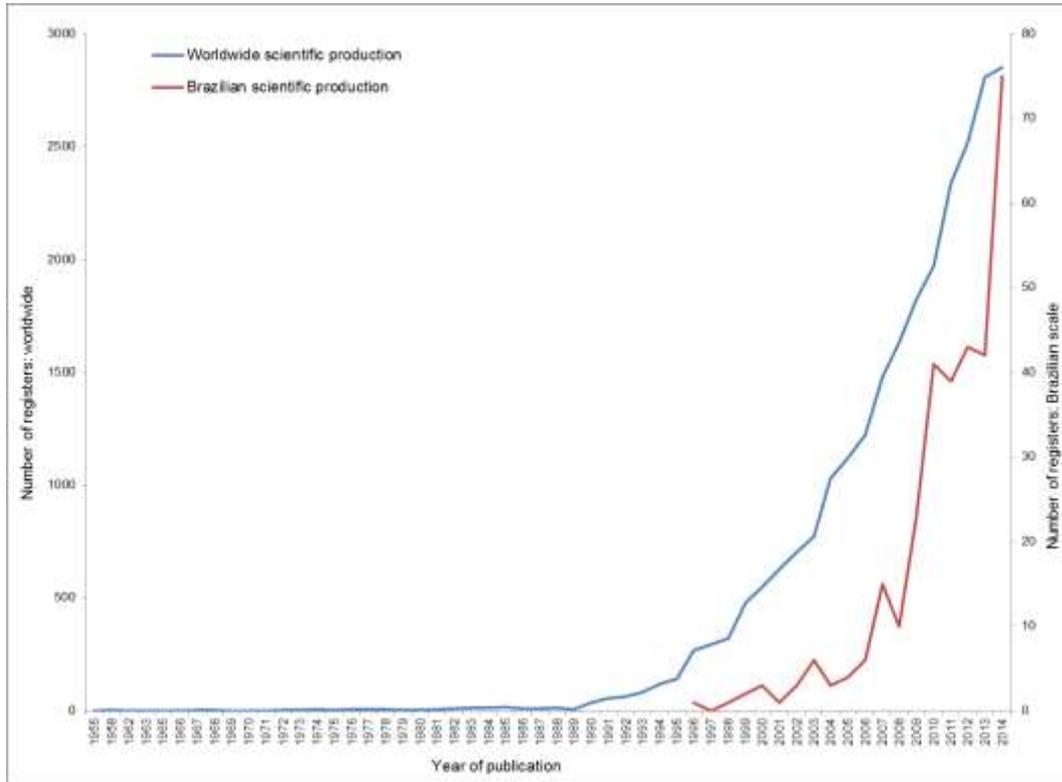
In order to better express the co-authorship and to visualize the institutions involved, we opted for a division by periods (1996-2000, 2001-2005, 2006-2010 and 2011-2014).

The co-authorship net was created using *VosViewer*. Using a symmetrical matrix, this tool provides data relative to the number of links of the institutions. It is possible to visualize co-authorship nets set using “net figures”. Institutions with greater amount of links are prominent in the net figures. The analysis emphasizes 3 Brazilian institutions with greater number of collaborations. Brazilian institutions names are abbreviated. Foreign institutions are full written, specifying the country.

## Results and Discussion

The worldwide scientific production of the query “*zebrafish*” comprises 25,480 registers (Figure 1). The first article dates from 1955<sup>14</sup>. The countries with greater production with the subject are: United States (11,107), Germany (2889) and China (2638). Brazil is at the 20<sup>th</sup> position (318). From 1955 to the end of 1980's we did not verify a significant increase in the global scientific production, which intensely increased from the 1990's.

Figure 1: Annual distribution of scientific production using “zebrafish” term as query worldwide (1955-2014) and in Brazil.



Brazilian scientific production about *zebrafish* started in 1996<sup>15</sup>. From this year to 2014, the number of registers was 318, with an increasing number of papers up to 2007. Only in 2014, 75 works were published, an increase of 56% compared to the previous year. Figure 2 shows data on annual distribution of the number of citations. Brazilian scientific works were cited by 3396 times.

Figure 2: Annual distribution of Brazilian works citations.

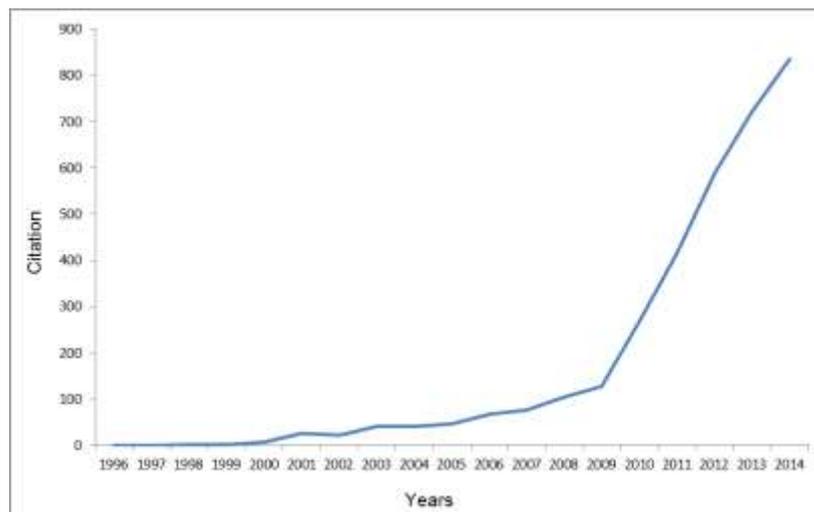
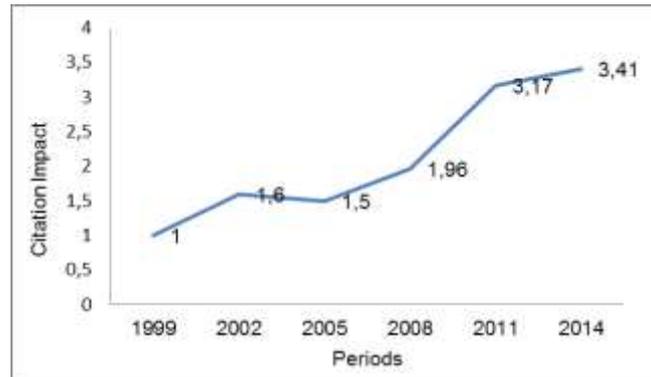


Figure 3 shows the citation impact, using a window of 3 years (periods 1999, 2002, 2005, 2008, 2011, and 2014). We observed a tendency of increasing in the citation impact (in 2002 we excluded 1 article<sup>16</sup>, responsible for 62% of all citation impact in this year).

Figure 3: Citation impact of Brazilian works.



Among 318 registers, 257 pointed a Brazilian researcher as corresponding author. In the other 61 registers, the corresponding authors come from the following countries: United States (26), England (7), Holland (5), Scotch (4), Spain (4), Portugal (3), Germany (3), Canada (3), Argentina (2), France (2), Austria (1) and Japan (1). Among the 257 registers with Brazilian corresponding authors, the researchers standing out with greatest number of registers are specified in Table 1. The institutions to which the corresponding authors are affiliated are: PUC-RS (53 works), FURG (30), Universidade de São Paulo (USP, 20), UFRGS (19), Universidade Estadual Paulista (UNESP, 18), UFRJ (15), UFPA (12), UPF (9), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz, 8), and Universidade Federal de São Carlos (UFSCar, 7). Two are private institutions (PUC-RS and UPF) and the other are public. Rio Grande do Sul state contains the greatest number of corresponding authorships, followed by São Paulo and Rio de Janeiro (Figure 4).

Table 1: Brazilian corresponding authors with the highest number of registers.

Brazilian corresponding authors	Registers	Institutions
Bonan, CD	22	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS)
Marins, LF	15	Fundação Universidade Federal de Rio Grande (FURG)
Maximino, C	14	Universidade Federal do Pará (UFPA)
Bogo, MR	11	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS)
Barcellos, LJG	9	Universidade de Passo Fundo (UPF)
Montserrat, JM	6	Fundação Universidade Federal de Rio Grande (FURG)
Rosemberg, DB	6	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Costa, ML	4	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Da Silva, RS	4	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS)
Vianna, MR	4	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS)

Figure 4: Distribution by corresponding authors by federative unity.



Considering scientific communication tendencies, we have identified that 97% of works were published in foreign journals. Most of them are from United States, England and Germany (Table 2).

Table 2: Most used journals for publication of Brazilian Works.

Journal Title	Country Origin	IF*	Registers number
<b>Plos One</b>	San Francisco (United States)	3,534	12
<b>Comparative Biochemistry and Physiology C -Toxicology &amp; Pharmacology</b>	New York (United States)	2,829	11
<b>Zebrafish</b>	New York (United States)	1,772	11
<b>Aquatic Toxicology</b>	Amsterdam (Germany)	3,513	10
<b>Progress in Neuro-Psychopharmacology &amp; Biological Psychiatry</b>	Oxford (England)	4,025	9
<b>Zygote</b>	New York (United States)	1,323	9
<b>Behavioural Brain Research</b>	Amsterdam (Germany)	3,391	7
<b>Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology</b>	New York (United States)	1,216	7
<b>American Journal of Human Genetics</b>	Chicago (United States)	10,99	6
<b>Chemosphere</b>	Oxford (England)	3,499	6
<b>Neurotoxicology and Teratology</b>	Oxford (England)	3,224	6

\*Concerning the year of 2013.

For analyzing journals' IF, we examined 3 groups separately. Group A: Brazilian corresponding author without international co-authorship (214 registers – 32 registers without any Brazilian collaboration) had a IF average of 2,33. Group B: Brazilian corresponding author with international co-authorship (43 registers) had a IF average of 3,15; group C, international corresponding author with national co-authorship (61 registers) had a IF average of 4,74.

In an Intra and Inter<sup>13</sup> co-authorship scale, we have identified that 90% of Brazilian scientific production is constituted in collaboration (registers involving more than an author): 33% of works were in collaboration with foreign researchers (international collaboration), 57% were in national collaboration (among researchers of the same institution and/or among Brazilian institutions) and 10% without collaboration, that is, publications with only one author (Table 3). In the Brazilian scientific production, the co-authorships and the institutions involved increased with the time (Figures 5-8) It is important to emphasize that the number of co-authorship per work ranged from 1 to 24 (data not shown).

Table 3: Scientific production, collaboration, and amount of institutions involved.

Periods	Registers	National Collaboration	International Collaboration	Without Collaboration	Number of Institutions
1996-2000	7	3 (43%)	4 (57%)	0 (0%)	14
2001-2005	17	12 (70%)	3 (18%)	2 (12%)	20
2006-2010	95	45 (47%)	31 (33%)	19 (20%)	95
2011-2014	199	122 (61%)	66 (33%)	11 (6%)	238
Total	318	182 (100%)	104 (100%)	32 (100%)	367
%	100%	57%	33%	10%	

Figure 5 shows data from 1996 to 2000. We verified a more intense collaboration between foreign institutions than collaborative works between Brazilian institutions. USP/Brazil presented 2 links, 1 with the University of Pennsylvania (USA) and 1 with the Universidad de Malaga (Spain). There were collaborations between UFRJ/Brazil and Institut Pasteur (France) and between the Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/Brazil) with the University St Andrews (Scotland). We also observed 2 Brazilian institutions isolated, without any collaboration: Universidade de São Carlos (UFSCar) and Fiocruz.

Figure 5: Collaborations established in the period of 1996-2000.

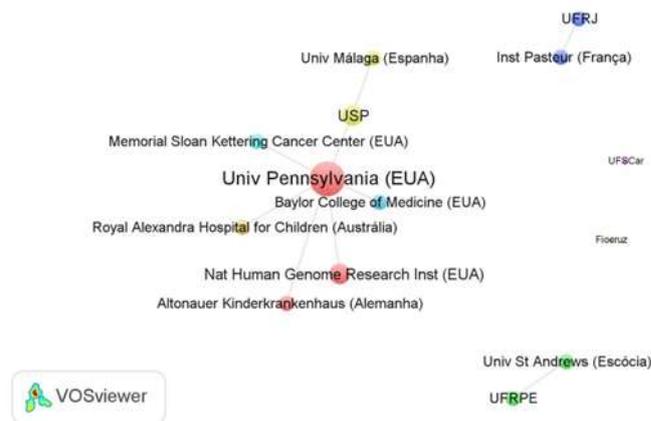


Figure 6 shows data from 2001 to 2005. There was an increase in the number of collaborations, compared to 1996 to 2000. Other Brazilian institutions started to publish with *zebrafish*, as UFRGS and PUC-RS, with 3 links, between them. USP expanded its collaborations (6 links) with foreign [University of Vienna (Austria, 1), with Salk Institute for Biological Studies (USA, 1) and with the University of Washington (USA, 1)] and Brazilian [Universidade Fluminense (UFU, 1), with Embrapa (1) and with UNESP (1)] institutions.





## Conclusion

This study portrays some aspects of the Brazilian scientific production with Zebrafish, its impact, the tendencies of scientific communication and the collaboration established by Brazilian researchers.

We identified a growth of international and Brazilian scientific production starting in 90's. In Brazil, the scientific production starts many years after the international production.

The internationalization of Brazilian scientific production is observed by the great predominance of publications in foreign Journals.

Around 33% of Brazilian scientific production with Zebrafish was made in collaboration with foreign researchers. Collaboration with foreign groups affected positively the Impact Factor of the Journals, especially when the correspondent authorship is a foreign researcher.

Works with national co-authorship predominated as practice of scientific work in Brazil. Importantly, we detected an impressive growth of interactions between Brazilian groups with the time that could be related with the huge growth of Brazilian scientific production with Zebrafish.

## REFERENCES

1. Silveira TR da, Schneider AC, Hammes TO. Zebrafish: modelo consagrado para estudos de doenças humanas. *Ciência e Cultura* 2012; 64:4-5.
2. Eschmeyer WN, Fricke R. (eds). *Catalog of Fishes: Genera, Species, References*. [This version was edited by Bill Eschmeyer]. Available in: <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>>. Accessed in: September 3rd, 2015.
3. Howe K, Clark MD, Torroja CF, Torrance J, Berthelot C, Muffato M et al. The zebrafish reference genome sequence and its relationship to the human genome. *Nature* 2013; 496:498-503.
4. Rosemberg DB, Rico EP, Mussulini BHM, Piatto AL, Calcagnotto ME, Bonan CD et al. Differences in Spatio-Temporal Behavior of Zebrafish in the Open Tank Paradigm after a Short-Period Confinement into Dark and Bright Environments. *Plos One* 2011; 6:1-11.
5. BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Resolução Normativa Nº 17. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 2014; 4 jul:51-52.
6. Mugnaini R: 40 anos de Bibliometria no Brasil: da bibliografia estatística à avaliação da produção científica nacional. In *Bibliometria e cientometria: reflexões teóricas e interfaces*. Hayashi MCPI and Leta J (eds), pp. 37-58, Pedro e João Editores, CAPES, São Carlos, SP, 2013.
7. Macias-Chapula CA. O papel da informetria e da cientometria e sua perspectiva nacional e internacional. *Ciência da Informação* 1998; 27:134-140.

8. Maricato JM, Noronha, DP. Indicadores bibliométricos e cientométricos em CT&I: apontamentos históricos, metodológicos e tendências de aplicação. In Bibliometria e cientometria: reflexões teóricas e interfaces. Hayashi MCPI and Leta J (eds), pp. 21-41, Pedro e João Editores, CAPES, São Carlos, SP, 2013.
9. Tague-Sutcliffe J. An introduction to informetrics. *Information Processing and Management* 1992;28:1-3.
10. Spinak E. Indicadores cientométricos. *Ciência da Informação* 1998;27:141-148.
11. Strehl L. O fator de impacto do ISI e a avaliação da produção científica: aspectos conceituais e metodológicos. *Ciência da Informação* 2005;34:19-27.
12. Vanti N. A cientometria revisitada à luz da expansão da ciência, da tecnologia e da inovação. *Ponto de Acesso* 2011;5:5-31.
13. Katz JS, Martin BR. What is research collaboration? *Research Policy* 1997;26:1-18.
14. Halstead B.W, Chitwood MR, Modglin RB. The anatomy of the venom apparatus of the zebrafish, *pteris volitans* (linnaeus). *The Anatomical Record* 1955;122:317-333.
15. Vieira VLA, Johnston IA. Muscle development in the tambaqui, an important Amazonian food fish. *Journal of Fish Biology* 1996;49:842-53.
16. Gripp KW; Wotton D; Edwards MC; Roessler E; Ades L; Meinecke P et al. Mutations in TGIF cause holoprosencephaly and link NODAL signalling to human neural axis determination. *Nature Genetics* 2000;25:205-08.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os indicadores cienciométricos utilizados neste estudo forneceram resultados que retratam o estado da arte da produção científica brasileira com *zebrafish*, do impacto, das tendências da comunicação científica e das características da colaboração estabelecida pelos pesquisadores brasileiros.

A prática adotada pela comunidade científica em utilizar o *zebrafish* como modelo animal nos experimentos está refletindo no número de trabalhos publicados e na sua utilização. Identificamos crescimento da produção científica no Brasil e no mundo a partir dos anos 1990. No Brasil, especificamente, a produção científica começa seis anos após a consolidação do tema no mundo.

O crescimento do impacto de citações aponta que a produção científica brasileira está sendo utilizada como referência para outros estudos e está contribuindo para o progresso científico.

Os autores correspondentes com maior número de registros são provenientes do estado do Rio Grande do Sul. Este crescimento no sul do país pode estar relacionado ao fato da PUC-RS ser umas das universidades pioneiras nos estudos com *zebrafish* como organismo modelo alternativo no estado.

A internacionalização da produção científica brasileira pode ser observada pela escolha em publicar os seus resultados de pesquisa em periódicos estrangeiros. Dentre os periódicos mais utilizados pela comunidade científica brasileira destacam-se: *Plos One*, *Comparative Biochemistry and Physiology C-Toxicology & Pharmacology* e *Zebrafish*.

Os resultados indicam que 33% da produção científica brasileira foram feitos em colaboração com pesquisadores estrangeiros. Observamos que os trabalhos com coautoria estrangeira impactam positivamente na média do Fator de Impacto dos periódicos. O trabalho colaborativo entre pesquisadores é de grande importância para melhorar os resultados e potencializar a produção científica. Quando comparada a pesquisadores isolados, a colaboração científica ressignifica o fazer ciência desse grupo (Weisz; Roco, 1996 apud BALANCIERI et al, 2005).

Contudo, os trabalhos com coautoria nacional predominam como prática do fazer científico no Brasil. No decorrer dos anos, vimos um aumento de instituições brasileiras envolvidas com pesquisas com *zebrafish* e que, na sua maioria, estão

atuando em colaboração. As instituições brasileiras que têm maior número de trabalhos publicados (PUC-RS, UFRGS, FURG e USP) apresentam também uma rede ampla de colaboração.

Para concluir, percebemos que os indicadores cientiométricos contribuem de forma significativa para ciência, pois os dados obtidos possibilitam enxergar o estado da arte de um determinado campo, área de conhecimento ou tema. O uso desses indicadores pelos programas de políticas científicas é primordial para reconhecer a evolução da ciência. Além disso, podem ser aplicados para identificar as reais necessidades enfrentadas pelas áreas do conhecimento sob o aspecto da evolução da produção científica, infraestrutura, recursos humanos e investimento.

Perspectivas futuras para continuidade deste estudo, sugerimos: Analisar a produção científica (Brasil e Mundo) sob a perspectiva do índice de crescimento relativo das publicações, *Relative Publication Growth* (RPG) (VINKLER, 2010); Identificar se há relação entre impacto de citação e colaboração internacional na produção científica brasileira; Analisar o impacto de citação da produção científica mundial.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Rui. "Publish or Perish". Editorial. **Portuguese Journal of Nephrology and Hypertension**, v. 28, n. 4, 2014.
- ARAÚJO, Carlos Alberto. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006.
- ANDRADE, Maria Eugênia Albino; OLIVEIRA, Marlene de. A ciência da informação no Brasil. In: OLIVEIRA, Marlene de (Org.) **Ciência da Informação e Biblioteconomia: novos conteúdos e espaços de atuação**. Editora UFMG, 2005.
- BORKO, Harold. Information Science: what is it. **American Documentation**, v. 19, n. 1, p. 3-5, jan. 1968. Disponível em: <<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/6699/2/Borko.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2015.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Resolução Normativa Nº 17. Diário Oficial da União, Brasília, DF, p. 51-52, 4 jul. 2014. Disponível em: <[http://www2.ib.usp.br/IB/files/Resolucao\\_Normativa\\_n\\_17.pdf](http://www2.ib.usp.br/IB/files/Resolucao_Normativa_n_17.pdf)>. Acesso em: 4 fev. 2015.
- CALLON, Michel; COURTIAL, Jean-Pierre; PENAN, Hervé. **Cienciometría: el estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometria a la vigilancia tecnológica**. Espanha: Ediciones Trea, 1995.
- CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. 2015. Disponível em: <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>>. Acesso em: 7 set. 2015.
- ESCHMEYER, W. N.; FRICKE, R. (Eds). **Catalog of Fishes: Genera, Species, References**. [Esta edição foi editada por Bill Eschmeyer]. Disponível em: <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>>. Acesso em: 3 set. 2015.
- FRIGERI, Mônica; MONTEIRO, Marko Synésio Alves. Qualis Periódicos: indicador da política científica no Brasil?. **Estudos de Sociologia**, Araraquara, v. 19, n. 37, p. 299-315, jul./dez. 2014. Disponível em: <<http://seer.fclar.unesp.br/estudos/article/view/6266/5227>>. Acesso em: 7 set. 2015.

FONSECA, Edson Nery da. Bibliografia Estatística e Bibliometria: uma reivindicação de prioridades. **Ciência da Informação**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 5-7, 1973.

GARFIELD, Eugene. What is the primordial reference for the frase "Publish or perish"? **The Scientist**, v. 10, n. 12, p. 11, 1996.

GONÇALVES, Andréa; RAMOS, Lucia Maria S. V. Costa; CASTRO, Regina C. Figueiredo. Revistas científicas: características, funções e critérios de qualidade. In: POBLACION, Dinorah Aguiar; WITTER, Geraldina Porto; SILVA, José Fernando Modesto de (Org.). **Comunicação e produção científica**. São Paulo: Angellara, 2006.

HOWE, K. et al. The zebrafish reference genome sequence and its relationship to the human genome. **Nature**, n. 496, p. 498-503, 25 abr. 2013. Disponível em: <<http://www.nature.com/nature/journal/v496/n7446/full/nature12111.html#close>>. Acesso em: 27 ago. 2015 .

JCR. Journal Citation Reports. 2015. Disponível em: <<https://jcr-incites-thomsonreuters.ez45.periodicos.capes.gov.br/JCRJournalHomeAction.action?>>>. Acesso em: 01 out. 2015.

KUHN, Thomas S. A estrutura das revoluções científicas. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LE COADIC, Yves-François. **A Ciência da Informação**. 2. ed. Brasília: Briquet de Lemos, 2004.

LEYDESDORFF, Loet. **The challenge of scientometrics**: the development, measurement, and self-organization of scientific communications. Usa: Universal Publishers, 2001. cap. 1 e 2.

MARICATO, J. M. ; NORONHA, D. P. Indicadores bibliométricos e cientométricos em CT&I: apontamentos históricos, metodológicos e tendências de aplicação. In: HAYASHI, M. C. P. I.; LETA, J. (Org.). **Bibliometria e Cientometria: reflexões teóricas e interfaces**. São Carlos: Pedro & João, 2012, v. 1, p. 21-41.

MACÍAS-CHAPULA, Cesar A. O papel da informetria e da cientometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, maio/ago. 1998.

MEADOWS, Arthur Jack. **A comunicação científica**. Tradução Agenor Briquet de Lemos. Brasília, DF: Briquet de Lemos, 1999.

MENEGHINI, Rogerio. Publicação de periódicos nacionais de ciência em países emergentes. **Educação em Revista**, Belo horizonte, v. 28, n. 2, p. 435-442, jun. 2012. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/edur/v28n2/a20v28n2.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

MENEGHINI, Rogerio; PACKER, Abel L. Visibilidade da produção científica. In: POBLACION, Dinah Aguiar; WITTER, Geraldina Porto; SILVA, José Fernando Modesto da. **Comunicação e produção científica: contexto, indicadores e avaliação**. São Paulo: Angellara, 2006.

MOREL, R. L. de M. MOREL, C.M. Um estudo sobre a produção científica brasileira, segundo os dados do Institute for Scientific Information (ISI). **Ciência da Informação**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 99-109, 1977.

MUELLER, Suzana Pinheiro Machado. **O crescimento da ciência, o comportamento científico e a comunicação científica**: algumas reflexões. Revista da Escola de Biblioteconomia da UFMG, Berlo Horizonte, v. 24, n. 1, p. 63-84, jan./jun. 1995. Disponível em: <<http://www.brapci.ufpr.br/documento.php?dd0=0000002743&dd1=2ad00>>. Acesso em: 8 out. 2015.

MUGNAINI, Rogério. 40 anos de Bibliometria no Brasil: da bibliografia estatística à avaliação da produção científica nacional. In: HAYASHI, Maria Cristina Piumbato Innocentini; LETA, Jacqueline (Orgs.). **Bibliometria e cientometria**: reflexões teóricas e interfaces. São Carlos, SP: Pedro e João Editores, CAPES, 2013.

OLIVEIRA, Marlene de. Origens e evolução da Ciência da Informação. In: \_\_\_\_\_ (Org.) **Ciência da Informação e Biblioteconomia**: novos conteúdos e espaços de atuação. Editora UFMG, 2005.

OTLET, Paul. O livro e a medida: bibliometria. In: FONSECA, Edson Nery da (Org.). **Bibliometria**: teoria e prática. São Paulo: Cultrix; Editora da Universidade de São Paulo, 1986.

PRICE, Derek J. de Solla. Network of scientific papers. **Science**, v. 149, jul. 1965.

ROSEMBERG, D. B. et al. Differences in Spatio-Temporal Behavior of Zebrafish in the Open Tank Paradigm after a Short-Period Confinement into Dark and Bright Environments. **Plos One**, v. 6, n. 5, maio, 2011. Disponível em: <<http://link.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

SARACEVIC, Tefko. Ciência da informação: origem, evolução e relações. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 41-62, jan./jun. 1996. Disponível em: <<http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/view/235/22>>. Acesso em: 26 fev. 2015.

SILVEIRA, T. R. da; SCHNEIDER, A. C.; HAMMES, T. O. Zebrafish: modelo consagrado para estudos de doenças humanas. **Ciência e Cultura**, v. 64, n. 2, p. 4-5, abr./jun. 2012. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v64n2/a02v64n2.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

SPINAK, Ernesto. Dicionario enciclopédico de bibliometria, cienciometria y informetria. Caracas: UNESCO, 1996.

SPINAK, Ernesto. Indicadores cientometricos. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 141-148, maio/ago. 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v27n2/spinak.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2014.

STREHL, Letícia. Recuperação, visibilidade e qualidade da informação científica: conceitos, ferramentas e indicadores. [Slidshare, s.d]. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/leticia.strehl/sao-carlos2013l-strehl>>. Acesso em: 12 out. 2015.

STREHL, Letícia. **Relação entre algumas características de periódicos de física e seus Fatores de Impacto**. 2003. 100 f. Dissertação (Mestrado em Comunicação e Informação) – Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

STREHL, Letícia. O fator de impacto do ISI e a avaliação da produção científica: aspectos conceituais e metodológicos. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 19-27, jan./abr. 2005.

TAGUE-SUTCLIFFE, Jean. An introduction to informetrics. **Information Processing and Management**, v. 28, n. 1, p. 1-3, 1992. Disponível em: <<http://ac.els-cdn.com.ez45.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 16 jan. 2015.

PÉCORA, Gláucia Maria Mollo. Atividades acadêmicas de pesquisador. In: WITTER, Geraldina Porto (Org.). **Produção científica**. Campinas: Átomo, 1997.

TARGINO, Maria da Graça. A região geográfica como fator interveniente na produção de artigos de periódicos científicos. MUELLER, Suzana Pinheiro Machado; PASSOS, Edilenice Jovelina Lima (Orgs.). **Comunicação científica: estudos avançados em ciência da informação**. Brasília: Departamento de Ciências da Informação Universidade de Brasília, 2000. v. 1

VANTI, Nadia. A cienciometria revisitada à luz da expansão da ciência, da tecnologia e da inovação. **Ponto de Acesso**, Salvador, v. 5, n. 3, p. 5-31, dez. 2011. Disponível em: <[www.pontodeacesso.ici.ufba.br](http://www.pontodeacesso.ici.ufba.br)>. Acesso em: 26 maio 2015.

VINKLER, Peter. The evaluation of research by scientometrics indicators. EUA: Elsevier Science, 2010. cap. 4.

VOSVIEWER. 2015. Disponível em: <<http://www.vosviewer.com/>>. Acesso em: 3 maio. 2015.

ZEBRAFISH. Mary Ann Liebert. 2015. Disponível em: <<http://www.liebertpub.com/overview/zebrafish/122/>>. Acesso em: 12 nov. 2015.