

Considerações Preliminares Sobre a Ciência e sua Avaliação

Jorge Henrique Cabral Fernandes
Ricardo Barros Sampaio

SUMÁRIO

I	Sobre a Ciência	1
I-A	O que é a ciência?	1
I-B	A verdade relativa, as crises e as revoluções científicas	1
I-C	A utilidade da ciência	2
I-D	A ciência da ciência	2
I-E	Cientometria	2
I-F	O registro bibliográfico	2
I-G	Registros bibliográficos enriquecidos	3
I-H	Bases de dados bibliográficas	3
I-I	Exercícios para fixação	3

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

Considerações Preliminares Sobre a Ciência e sua Avaliação

Resumo—Apresenta conceitos básicos sobre ciência, e seu estudo e avaliação.

I. SOBRE A CIÊNCIA

A. O que é a ciência?

A ciência pode ser definida como o estudo metodicamente organizado de quaisquer fenômenos que ocorrem no universo, com finalidade de descrever, explicar e prever o comportamento e a estrutura de tais fenômenos.

A realização da ciência, por meio da **produção científica**, é uma atividade essencialmente social, realizada por seres humanos, que serão aqui chamados de cientistas ou investigadores.

A organização metódica da produção científica é baseada em um conjunto de princípios que vem sendo aperfeiçoados ao longo dos milênios, mas que não deixam de ser questionados. Alguns desses princípios, dentro de uma perspectiva positivista, são os de:

- **Projetização da Ciência**, por meio do qual a atividade científica é realizada de forma regular através da execução de projetos de investigação científica, série de atividades que consomem recursos limitados em termos de tempo, custos e esforço, a fim de produzir novo conhecimento científico, ou a compreensão de fenômenos da realidade;
- **Racionalismo Metodológico da Ciência**, por meio do qual toda atividade para produção do conhecimento científico deve ser baseada na execução de passos metodicamente planejados e justificados antes da realização do estudo propriamente dito, passos esses que são descritos na forma de uma metodologia;
- **Empiricismo Científico**, por meio do qual todo estudo para produção de conhecimento científico deve ser baseado em coleta e análise de dados obtidos sobre a manifestação real do fenômeno objeto de estudo;
- **Reprodutibilidade Científica**, por meio do qual todo estudo ou análise científica válido, isso é, que gera conhecimento científico, deve ser capaz de ser reproduzido por outros cientistas ou investigadores que sigam a mesma metodologia (e dados) empregada no estudo ou análise original;
- **Comunidade Científica**, por meio do qual a produção científica é organizada em comunidades de Solla Price (1963), formadas por indivíduos que compartilham interesses por um mesmo conjunto de fenômenos. Esses indivíduos, também chamados de *peers* ou *birds-of-a-feather* (“farinha do mesmo saco”) são as pessoas que, de forma comunal, perpetuam as tradições de uma comunidade interessada nesses fenômenos, e que dão vida às áreas, subáreas e (ou) nichos de conhecimento científico específicos;
- **Organização do Conhecimento Científico**, por meio do qual cada conhecimento científico é vinculado a uma ou mais áreas, subáreas ou nichos científicos, e cada área é recursivamente dividida em subáreas ou nichos e agrupada em grandes áreas. Cada grande área, área, subárea ou nicho é aproximadamente vinculada a grandes comunidades, comunidades, sub-comunidades científicas etc. Essa organização da ciência seria idealmente hierárquica, na forma de uma árvore, mas de fato há superposições verticais e horizontais, que exigem contínuo esforço por revisar a organização do conhecimento;
- **Objetividade Científica**, por meio do qual um conhecimento científico particular é um objeto que tem existência própria e destacada das pessoas que o investigaram. Isso é, o conhecimento científico não pertence a um sujeito específico;
- **Universalidade Científica**, por meio do qual um conhecimento científico, mesmo sendo sempre desenvolvido a partir de um determinado contexto, deve ser capaz de explicar de modo efetivo os fenômenos de de mesma natureza que ocorrem em contextos equivalentes, sejam esses fenômenos passados (explicabilidade), presentes (observabilidade) e (ou) futuros (previsibilidade);
- **Publicidade Científica**, por meio do qual o produto final da atividade científica é materializado de forma empírica na geração de documentos aos quais deve ser dado amplo acesso público. Esses documentos, elaborados por autores, em um determinado tempo, são chamados de **publicações ou comunicações científicas**, e relatam de forma detalhada (Harmon e Gross, 2010) os resultados de uma atividade ou um conjunto de atividades de produção científica específicos, evidenciando os aspectos de projetização, racionalismo, empiricismo, reprodutibilidade, objetividade e universalidade envolvidos, entre outros.

B. A verdade relativa, as crises e as revoluções científicas

Além dos princípios da ciência positiva, um importante fundamento sobre o qual repousa a vitalidade da ciência é o de que não há verdade ou conhecimento absoluto. Os cientistas são seres humanos com defeitos como ocorre com qualquer outro humano, pois tem preconceitos e vaidades, entre outros; os métodos científicos não são perfeitos, porque embutem uma lógica da ordem, quando a ordem no mundo é permeada pelo caos. É também fato que os dados empíricos que embasam as descobertas possuem limitações na descrição da realidade, inclusive porque quaisquer instrumentos de coleta de dados tem limitações. Assim sendo, a verdade científica sempre será parcial e incompleta, e o conhecimento científico já existente,

à medida que a ciência evolui incrementalmente, é cada vez menos efetivo na explicação da realidade.

Logo, a ciência, assim como qualquer outra atividade humana, padece de crises regulares, em maior ou menor intensidade, que estão ligadas à incapacidade dos paradigmas científicos vigentes para explicar a realidade. É durante essas crises que a ciência se reinventa, por meio das revoluções científicas. Nessas revoluções, os velhos modelos, métodos, descobertas e cientistas são considerados ultrapassados e obsoletos. Esses elementos são revisados, e substituídos por novos modelos, métodos, descobertas e cientistas, constituindo novos paradigmas que reinterpretam o conhecimento científico anterior, mas contemplam novas perspectivas de domínio da realidade. Isso tudo é explicado por (Kuhn, 2001).

C. A utilidade da ciência

Mesmo com seus defeitos, considerável parte do desenvolvimento tecnológico e econômico experimentado pela humanidade é decorrência do avanço da ciência, em suas várias áreas, avanço esse ocorrido sobretudo desde o início do século XX, e que não tem prazo para ser encerrado. A ciência é, portanto, uma atividade extremamente útil, capaz de produzir grande autonomia e riqueza para os que dela desfrutam.

Enquanto atividade social útil, feita por pessoas atuando em comunidades, que gera produtos reais e tangíveis (**publicações ou comunicações científicas**), a atividade científica é também objeto de interesse de uma comunidade científica específica que estuda a própria ciência, tendo em visto ser a ciência cheia de fenômenos que despertam interesses diversos, seja devido ao valor que geram seus produtos, seja devido às estruturas e comportamentos das comunidades que geram tais produtos.

D. A ciência da ciência

O estudo científico da ciência é chamado de ciência da ciência (Clauset et al., 2017), e pode ser realizado de várias formas, tanto por pesquisadores da computação e estatística, quanto por pesquisadores das ciências sociais, tendo em vista a riqueza de fenômenos gerados dentro ou no entorno da atividade científica. Alguns exemplos de fenômenos gerados pela atividade científica são:

- O fenômeno das publicações científicas, evidenciado de forma empírica por meio de artigos publicados em revistas, periódicos científicos, anais de conferências, colóquios, encontros etc;
- O fenômeno das comunidades científicas, com suas tradições, comportamentos e culturas;
- O fenômeno da organização do conhecimento científico produzido, em suas áreas, subáreas etc;
- O fenômeno das distintas formas de comunicação científica, oral, escrita, audio-visual etc;
- O fenômeno da popularização ou elitização do conhecimento científico, e de seu maior ou menor impacto, relevância ou reconhecimento na sociedade;
- O fenômeno da relações e influências mútuas entre a ciência e a tecnologia;
- O fenômeno da relações e influências mútuas entre a ciência e a sociedade;

- O fenômeno da relações e influências mútuas entre ciência e o desenvolvimento econômico, por exemplo, o impacto da ciência na economia;
- O fenômeno da relações e influências mútuas entre a ciência e a política (política científica);
- O fenômeno da relações entre a ciência e filosofia (filosofia da ciência);
- etc

Ou seja, há muitas formas e oportunidades para estudo da ciência, sendo a enfatizada neste trabalho a Cientometria, como abordado a seguir.

E. Cientometria

Dentro da ciência da ciência se pode destacar a área da Cientometria Vinkler (2010), cuja tradição consiste estudar de forma empírica (baseada em dados, e portanto essencialmente quantitativa) os produtos típicos gerados pela ciência, que são as publicações científicas, especialmente as publicações de artigos científicos (Gross et al., 2002) em periódicos.

F. O registro bibliográfico

As principais fontes de dados empíricos usadas para estudos cientométricos são as bases de dados de publicações científicas, que consistem em coleções de registros bibliográficos, contendo centenas, milhares ou mesmo milhões de registros, um para cada publicação científica indexada, conforme o escopo (temporal, geográfico, disciplinar) e qualidade da base.

O registro bibliográfico (Hagler, 1997) podem também ser usado para descrever outros tipos de documentos, além dos científicos, mas doravante, quando falando de registro bibliográfico, estaremos nos referindo fundamentalmente àqueles de que indexam publicações de interesse científico.

Um registro bibliográfico descreve as características de uma publicação específica, usualmente um artigo científico publicado em uma revista de edição periódica (*journal* ou periódico). A revista é regularmente e periodicamente publicada, usualmente em um volume anual composto por seis a doze números publicados ao longo do ano.

A maioria dos registros bibliográficos apresenta dados essenciais da publicação tais como título, autores, revista, volume, número, mês, ano, página inicial e página final do texto. Os nomes dos autores de uma publicação podem ser abreviados de várias formas, mas o mais fácil para indexação e busca é o uso na forma sobrenome e nome, separados por vírgula.

Uma revista é tipicamente identificada pelo seu nome, e o ISSN de uma revista é seu código único mundialmente reconhecido na base do *International Standard Serial Number*.

Os dados dos registros bibliográficos podem ser apresentados em vários formatos, tais como RIS(Wikipedia, 2017c) (Research Information Systems), Bibtex(Wikipedia, 2017a) e Medline(NIH, 2017). Por exemplo, um registro bibliográfico para a página da Capes que apresenta a planilha de dados a ser usada neste trabalho, é apresentado no formato RIS no quadro 1. Esse mesmo registro é apresentado no formato Bibtex no quadro 2. Já na seção de referências deste documento,

```

TY - ELEC
TI - Sucupira: coleta de dados, docentes de pós-...
AU - CAPES
T2 - CAPES - Banco de Metadados
DA - 2016/03/16/
PY - 2016
UR - http://metadados.capes.gov.br/index.php/cat...
Y2 - 2017/11/23/

```

Quadro 1: Um registro bibliográfico em formato RIS

```

@misc{capes_sucupira:_2016,
  title = {Sucupira: coleta de dados, docentes ...},
  url = {http://metadados.capes.gov.br/index...},
  urldate = {2017-11-23},
  journal = {CAPES - Banco de Metadados},
  author = {{CAPES}},
  month = mar,
  year = {2016}
}

```

Quadro 2: Um registro bibliográfico em formato Bibtex

esse mesmo registro (CAPES, 2016) é apresentado de modo formatado para a leitura por humanos.

G. Registros bibliográficos enriquecidos

A estrutura e processamento dos registros bibliográficos pode se revestir de grande complexidade, na medida em que se desenham formas mais eficientes enriquecer e de recuperar a informação contida na publicação que ele representa. Alguns dos itens que podem estar presentes em registros bibliográficos enriquecidos são:

- Resumo, descrevendo de forma resumida o conteúdo da publicação;
- Texto completo, contendo todo o conteúdo do artigo originalmente publicado;
- Citações, contendo ponteiros para outros registros bibliográficos que representa os documentos referenciados na publicação original;
- Área do conhecimento, da qual trata a publicação;
- Palavras-chave;
- Data de nascimento dos autores etc.

Esses vários elementos de informação podem ser usados para fazer indexação do registro, visando busca e recuperação posterior, nas bases de dados científicas.

H. Bases de dados bibliográficas

O esforço para manter uma base de dados com um grande número de registros bibliográficos é elevado, especialmente se novas publicações estiverem sendo regularmente produzidas no escopo da base de dados. A especificidade, a precisão e a capacidade de recuperação de registros relevantes em uma base de dados científica é quem determina o seu valor.

Por exemplo, se uma base de dados bibliográfica trata apenas das publicações sobre uma determinado gênero de vegetais, espera-se que ela tenha algumas centenas ou poucos milhares de registros. Se o escopo da base for de uma área de conhecimento completo, tal como a área de botânica, a qualidade da base de dados seguramente dependerá da manutenção de alguns milhões de registros (Wikipedia, 2017b).

A manutenção de uma base de registros bibliográficos de publicações científicas, multidisciplinar, indexando a produção

científica do mundo inteiro, em uma faixa de tempo de vários anos ou décadas, é uma tarefa que consome uma gigantesca quantidade de recursos, mas que também podem gerar grande riqueza para quem a mantém ou para quem a utiliza. As principais bases de dados bibliográfica multidisciplinares de escopo mundial são mantidas por um pequeno número de organizações privadas, que investem significativos recursos para coletar, registrar, organizar, indexar, armazenar e distribuir os registros bibliográficos. Essas organizações sem sustentam por meio da venda de acessos para usuários assinantes, que dessa forma adquirem capacidade de buscar registros de publicações que possuem conhecimento potencialmente é útil à geração de riquezas, seja riqueza de mais produção científica, seja o apoio ao desenvolvimento tecnológico, social ou industrial.

No Brasil, o governo brasileiro assina e torna disponível, para a comunidade acadêmica nacional, o Portal de Periódico da CAPES, que oferece acesso franqueado às principais bases de dados bibliográfica do mundo. Três bases de dados bibliográfica multidisciplinares, relevantes para trabalho da disciplina de ciência de dados são:

- Web of Science, mantida pela empresa Clarivate Analytics, que mantém índices de produção bibliográfica;
- Scopus, mantida pela Elsevier, e que contém citações e resumos;
- Scielo, que mantém registros sobre publicações de acesso aberto no Brasil e América Latina;

Além dessas bases bibliográficas, pode-se ressaltar que sistema de Currículos Lattes, mantido pelo CNPq, contém uma importante base de currículos de pesquisadores do Brasil, com suas respectivas publicações, por meio de registro voluntário dos dados, feito regularmente por seus autores.

I. Exercícios para fixação

1) escolha uma das três descrições e análises para realizar:

- Descreva algum estudo científico de seu conhecimento que teve finalidade eminentemente descritiva. Justifique porque ele não é explicativo, nem preditivo. Justifique porque ele seria científico, e quais os fenômenos investigados pelo estudo.
- Descreva algum estudo científico de seu conhecimento que teve finalidade eminentemente explicativa. Justifique porque ele não é descritivo, nem preditivo. Justifique porque ele seria científico, e quais os fenômenos investigados pelo estudo.
- Descreva algum estudo científico de seu conhecimento que teve finalidade eminentemente preditiva. Justifique porque ele não é preditivo, não descritivo, nem explicativo. Justifique porque ele seria científico, e quais os fenômenos investigados pelo estudo.

2) Busque e apresente evidências visuais ou audiovisuais, acompanhadas por texto, de que a produção científica em alguma área de seu conhecimento e interesse é uma atividade social. Justifique sua resposta.

- 3) Apresente evidências, na forma de uma ou mais URLs que apontem para documentos, de que a produção científica se organiza na forma de projetos.
 - 4) Procure, em algum artigo científico que já leu anteriormente, o local onde é descrita a metodologia adotada pelo estudo relatado. Faça um sumário dos passos da metodologia lá descrita, ou apresente argumentos indicando que o trabalho não adotou uma metodologia claramente especificada.
 - 5) Apresente evidências, na forma de uma ou mais URLs que apontem para dados em formato digital, de que a produção científica adota abordagem empírica.
 - 6) Procure, em algum artigo científico que já leu anteriormente, as partes do texto que orientam o leitor a reproduzir os mesmos passos do pesquisador. Faça um sumário dessa orientação, e argumento sobre as dificuldades, ou facilidades, para você mesmo seguir esses passos, e reproduzir o estudo.
 - 7) Apresente evidências, na forma de uma ou mais URLs que apontem para documentos, imagens, audiovisuais etc, de que a produção científica se organiza no entorno de comunidades.
 - 8) Procure, em algum artigo científico que já leu anteriormente, quais são as áreas, subáreas e nichos da ciência nos quais se insere o artigo especificado. Apresente pelo menos cinco termos que indicam quais são essas áreas, subáreas e nichos.
 - 9) Apresente evidências documentais, na forma de URLs, de que um conhecimento científico específico não pertence mais ao pesquisador que fez uma publicação descrevendo, explicando ou prevendo fenômenos relativos a esse conhecimento. Justifique sua resposta.
 - 10) Descreva exemplos do princípio da universalidade aplicado a um conhecimento científico específico, com o qual você teve contato. Ofereça URLs para documentos que suportem seus argumentos. Justifique porque esses documentos apoiam seus argumentos.
 - 11) Insira em um sistema gerenciador de registros bibliográficos uma referência a um artigo científico de revista que tenha já lido.
 - 12) Faça uma busca por um exemplo de situação vexatória ou constrangedora específica, relacionada à dificuldade do conhecimento científico na explicação de algum fenômeno da realidade, ocorrida entre os últimos dez e cem anos passados. Apresente URLs para documentos que evidenciem essa situação de “crise”, bem como que indiquem como a crise foi resolvida. Justifique.
 - 13) Você discorda ou concorda sobre a ciência ser uma atividade extremamente útil, em termos econômicos? Justifique sua resposta, com URL para evidências, e argumentos textuais.
 - 14) Apresente URL para pelo menos um estudo científico que teria a ciência como seu próprio objeto de investigação.
- stricto sensu no Brasil 2015, Março 2016. Disponível em <<http://metadados.capes.gov.br/index.php/catalog/63>>.
- Aaron Clauset, Daniel B. Larremore, e Roberta Sinatra. Data-driven predictions in the science of science. *Science*, 355(6324):477–480, Fevereiro 2017. doi: 10.1126/science.aal4217.
- Derek J. de Solla Price. *Little science, big science*. Columbia University Press, 1963.
- Alan G. Gross, Joseph E. Harmon, e Michael Reidy. *Communicating science: the scientific article from the 17th century to the present*. Oxford University Press, UK, 2002.
- Ronald Hagler. *The bibliographic record and information technology*. American Library Association and Canadian Library Association, USA, 1997.
- Joseph E. Harmon e Alan G. Gross. *The craft of scientific communication*. University of Chicago Press, USA, 2010.
- Thomas S. Kuhn. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. Perspectiva, São Paulo, 6 edition, 2001.
- NIH. MEDLINE/PubMed Data Element (Field) Descriptions, Março 2017. Disponível em <<https://www.nlm.nih.gov/bsd/mms/medlineelements.html>>.
- Peter Vinkler. *The evaluation of research by scientometric indicators*. Chandos Publishing, Oxford - UK, 1 edition, 2010.
- Wikipedia. BibTeX, Setembro 2017a. Disponível em <<https://en.wikipedia.org/wiki/BibTeX>>.
- Wikipedia. List of academic databases and search engines, Novembro 2017b. Disponível em <https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_academic_databases_and_search_engines>.
- Wikipedia. RIS (file_format), Novembro 2017c. Disponível em <[https://en.wikipedia.org/wiki/RIS_\(file_format\)](https://en.wikipedia.org/wiki/RIS_(file_format))>.

REFERÊNCIAS

CAPES. Sucupira: coleta de dados, docentes de pós-graduação