



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

Luiz Augusto Hayne

Tese de Doutorado

**Análise dos fatores que afetam a produção científica brasileira: um estudo
econométrico**

Orientadora: Profa. Dra. Angela Terezinha de Souza Wyse

Porto Alegre, RS, Brasil
2018

Luiz Augusto Hayne

**Análise dos fatores que afetam a produção científica brasileira: um estudo
econométrico**

Tese apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS,
como pré-requisito para a obtenção do título acadêmico de doutor em
Educação em Ciências, sob a orientação da Profa. Dra. Angela T. de S.
Wyse.

Porto Alegre, RS, Brasil
2018

CIP - Catalogação na Publicação

Hayne, Luiz Augusto
Análise dos fatores que afetam a produção científica brasileira: um estudo econométrico / Luiz Augusto Hayne. -- 2018.
90 f.
Orientadora: Angela Terezinha de Souza Wyse.

Tese (Doutorado) -- 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, 2018.

1. Produção científica. 2. Estudo econométrico. 3. Programas de pós-graduação. 4. artigos publicados. 5. Pós-graduação. I. Wyse, Angela Terezinha de Souza, orient. II. Título.

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

Luiz Augusto Hayne

Análise dos fatores que afetam a produção científica brasileira: Um estudo econométrico

Tese apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, como pré-requisito para a obtenção do título acadêmico de doutor em Educação em Ciências, sob a orientação da Profa. Dra. Angela T. de S. Wyse.

Linha de pesquisa: Educação Científica: Produção Científica e Avaliação de Produtividade em Ciência.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Angela Terezinha de Souza Wyse
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
(Orientadora)

Prof. Dra. Maria do Rocio Fontoura Teixeira
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
(Relatora)

Prof. Dr. André Quincozes dos Santos
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
(Examinador)

Prof. Dr. Ricardo Gonçalves da Silva
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq
(Examinador - Membro Externo)

Porto Alegre, RS, Brasil
2018

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser o arquiteto e o grande Criador de tudo.

A minha esposa, Marilda, pilar central, minhas filhas, Natália e Camila e meu filho, Victor, pilares auxiliares da minha família.

Aos meus pais, Lisvaldo e Nair, pela dedicação, amor e orientação na construção de uma postura cidadã.

A minha orientadora, Profa. Angela Wyse, pelo apoio intelectual e pelos bons fluídos que dela emanam.

Ao CNPq, pela oportunidade da capacitação e pelo reconhecimento da importância da qualificação profissional.

Aos colegas do setor de capacitação do CNPq pelo apoio e empenho durante a realização do curso.

Aos demais colegas do CNPq pelo incentivo e companheirismo.

Aos servidores da UFRGS que, direta ou indiretamente, participaram desse processo de capacitação.

“Para realizar grandes conquistas, devemos não apenas agir, mas também sonhar; não apenas planejar, mas também acreditar”.

(Anatole France)

SUMÁRIO

I – Introdução.....	12
1.1 - O conhecimento científico.....	13
1.2- O processo de geração do conhecimento.....	16
1.3- A produção do conhecimento e o desenvolvimento.....	18
1.4- A tecnologia e a aplicação do conhecimento.....	19
1.5- Ciência, tecnologia e crescimento econômico.....	23
1.6- Uma crítica ao produtivismo científico.....	25
1.7- A mensuração da produção científica.....	28
1.8 – A publicação de artigos como medida de produção científica.....	29
II – Objetivos.....	35
1.9– Geral.....	36
2.2 – Específicos.....	36
III – Metodologia e resultados.....	37
Artigo I – “Análise histórica da evolução da tecnologia: uma contribuição para o ensino da ciência e tecnologia” (artigo submetido à Revista Brasileira do Ensino de C&T/RBECT).....	39
Artigo II - <i>Econometric analysis of Brazilian scientific production and comparison with BRICS</i> (Artigo publicado na revista Science, Technology and Society).....	40
IV – Discussão.....	63
V – Conclusões.....	79
VI - Perspectivas e recomendações.....	82
VII - Referências bibliográficas.....	85

RESUMO

Este trabalho teve como propósito a realização de um estudo que coloca no centro do debate a produção científica brasileira. Parte-se do princípio de que ela é um fator fundamental para um processo de desenvolvimento a partir do reconhecimento de que é por meio do conhecimento que as sociedades evoluem. Essa questão se torna ainda mais relevante quando se considera a necessidade imposta pelo modelo de produção vigente, de transformar conhecimento em riqueza. Este foi o ponto de partida para a realização de um estudo econométrico com o propósito de se formular um modelo que explicasse a produção científica brasileira no período de 1994 a 2014. O estudo mostrou que os programas de pós-graduação foram os que mais influenciaram o comportamento da publicação de artigos científicos, que é a variável que representa a produção científica. Por isso, se faz necessário o aparelhamento do sistema de pós-graduação brasileira. Ademais, como os resultados da produção científica são demorados, ou seja, no mínimo dois anos no mestrado e quatro anos no doutorado, concluiu-se que as crises econômicas ocorridas no período não interferiram diretamente no processo de geração do conhecimento no curto prazo. Outros fatores importantes que ajudaram a manter a produção científica no país foram a sólida estrutura acadêmica e o governo do período ter atuado nos momentos de crise para quebrar o ciclo econômico, diminuindo os efeitos das crises.

Palavras-chave: estudo econométrico, produção científica, pós-graduação, artigos publicados, programas de pós-graduação.

ABSTRACT

This work has purposed a study that placed at the core of the debate the Brazilian scientific production. It starts from the principle that scientific production is a key factor in a development process from the recognition that it is through knowledge that societies evolve. This question becomes even more relevant when considering the necessity imposed by the current production model, to transform knowledge into wealth. This was the starting point for leading an econometric study for the aim of formulating a model to explain the Brazilian scientific production from 1994 to 2014. The study shows that postgraduate programs were those that, statically, most influenced the behavior of the publication of Brazilian scientific articles. This last was the variable that represented the Brazilian scientific production in the econometric model. Therefore, it is necessary to equip the Brazilian postgraduate system to create the basis of a structure, which, in the near future, will produce knowledge in large scale and with high competitiveness. It was concluded that the economic crisis that occurred in the period did not directly interfere in the process of knowledge generation in the short term. Other important factors that helped maintaining scientific production in the country were the solid academic structure and the role of public policies that intervened in critical economic moments to break the economic cycle and to reduce the effects of the crisis.

Keywords: econometric study, scientific production, published articles, postgraduate, postgraduate programs.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC – Academia Brasileira de Ciências

PIB – Produto Interno Bruto

PNB – Produto Nacional Bruto

BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul

C&T – Ciência e Tecnologia

C&T&I – Ciência, Tecnologia e Inovação

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

ENADE – Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes

FGV - Fundação Getúlio Vargas

GEOCAPES - Sistema de Informações Georreferenciais

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

IES - Instituições de Ensino Superior

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Intelectual

IPEA - Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MMQO - Método dos Mínimos Quadrados Ordinários

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PINTEC - Pesquisa de Inovação

PNUD - Programa das Nações para o Desenvolvimento

QUALIS - Classificação de periódicos nacionais e internacionais que representem a produção intelectual dos programas de pós-graduação brasileiros de todas as áreas do conhecimento.

SBPC – Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

SciELO - Scientific Electronic Library Online

SNCTI - Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

SJR - *SCImago Journal Rank*

WoS – *The Web of Science*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O processo de produção científica.....	16
Figura 2 - As etapas do processo de criação humana: a trajetória da produção científica ao desenvolvimento humano.....	17
Figura 3 - Fases de evolução da tecnologia.....	21

I. INTRODUÇÃO

1.1 – O conhecimento científico

Quando nos indagamos sobre o que é o conhecimento podemos dizer que ele representa a maior das criações humanas, pois é por meio dele que todas as outras criações decorrentes são possíveis e levaram ao desenvolvimento da humanidade através dos tempos. O conhecimento, por ser criação do homem, se revela a chave para a evolução humana. Sobrinho (2014) afirma que “conhecimento é matéria de formação humana”. Conhecer para Melo, Araújo e Almeida (2016), “...engrandece, faz mergulhar no despercebido, buscando crescer na incompletude de sua existência”. Tratado de forma mais metódica e organizada, o conhecimento passa a ser científico a partir de um processo desencadeado progressivamente e que emerge da coexistência ou da relação entre teoria e prática, sendo que a prática é o fundamento da teoria. Esta relação condiciona o processo e a maturação do conhecimento.

Quando falamos de conhecimento científico, abandonamos o conhecimento comum e ordinário, e passamos a considerar o procedimento metódico, o qual mobiliza explicações rigorosas e/ou plausíveis sobre o que se afirma a respeito de um objeto ou realidade. Por conseguinte, o conhecimento científico, além de ater-se aos fatos, é analítico, comunicável, verificável, organizado, sistemático e explicativo, constrói e aplica teorias e depende de investigações metódicas (BARROS e LEHFELD, 1990). De maneira geral, o conhecimento científico transforma o mundo em que vivemos e a maneira de como o vemos. Melo, Araújo e Almeida (2016) defendem que o conhecimento revela que:

“A noção de ruptura nos tempos muitas vezes vem acompanhada de transformações de um novo sentido de compreensão e explicação do mundo, isto é, um novo olhar é atribuído às coisas do mundo e à relação do homem com elas”.

Ao se analisar a história e o desenvolvimento do conhecimento científico se verifica que ao passar do tempo, houve o reconhecimento de que a ciência é reflexo do contexto social. Vários pensadores, sobretudo sociólogos, contribuíram para o debate e com isso, houve a consolidação de um pensamento moderno baseado na argumentação de que o meio não só molda o comportamento científico, mas a própria ciência, ela própria se transformando em um campo de estudo. Caminha e Andion (2017) apresentam uma cronologia que explica a evolução do pensamento sobre a

ciência, demonstrando por meio da disciplina sociologia da ciência a consolidação da autonomia da sociologia sobre a filosofia da ciência, que indicava uma ciência ideal, enquanto que a primeira explica a ciência como ela de fato é, ou seja, a ciência como campo de estudo.

Baseado nesse contexto os autores sintetizam a evolução do pensamento científico, a partir da sociologia do conhecimento, expondo alguns dos principais pensadores na esteira da autonomização da sociologia da ciência perante a filosofia da ciência. Essa narrativa pode ser contada a partir do seguinte ordenamento:

- a) O princípio da falseabilidade de Karl Popper (1934);
- b) A ciência como fruto do meio social com a disciplina sociologia do conhecimento de Robert Merton (1942);
- c) As revoluções científicas e o paradigma da ciência de Thomas Khun (1962);
- d) A sociologia da ciência e uma análise histórica dos autores sociais de Pierre Bourdier (2001), e finalmente;
- e) A visão empírica da ciência e a investigação sobre o conteúdo e natureza do conhecimento científico de David Bloor (2009).

A forma de geração do conhecimento científico se dá por meio de investigações realizadas a partir de um procedimento sistemático, que busca informações sobre objetos e fenômenos já pesquisados ou em processo de investigação para serem demonstrados e divulgados. Para Barros e Lehfeld (1990), “a pesquisa é o esforço dirigido para a aquisição de um determinado conhecimento, que propicia a solução de problemas teóricos, práticos e/ou operativos”. O avanço da ciência está, portanto, relacionado ao papel do pesquisador e da aplicação do método científico. Mais do que uma ação humana, o conhecimento científico tem uma característica básica vinculada à ideia de colaboração, cooperação, sinergia e convergência, onde o pesquisador é o centro criador do processo, mas não o único elemento da criação.

No mundo contemporâneo e globalizado, a pesquisa científica assume um caráter desafiador, criativo e orientado para o futuro e inserido em contextos comprometidos com a transformação do mundo (GERGEN *apud* RASERA, GUANAES-LORENZI e CORRADI-WEBSTER, 2014). Para Mancebo (2013) o progresso científico

depende da liberdade de criação. Para essa autora “essa liberdade implica preparação, escolha de procedimentos, avanços e pausas durante o desenvolvimento das principais atividades de investigação, que variam em diferentes ramos da árvore do conhecimento”.

O início da era moderna, após o renascimento do homem e do ideal iluminista, que forneceram as condições sócio-políticas ideais para o livramento das amarras herdadas do “período das trevas”, historicamente demarcou o início da ciência moderna. A Idade Média compeliu a criatividade humana em nome do dogma da Igreja Católica que oprimia os indivíduos lhes impondo a miséria e a servidão. As condições sociais e políticas da época permitiram a ruptura do antigo modelo de visão de mundo para o moderno, estruturado no conhecimento científico. Neste contexto, ao se avaliar que o conhecimento gera rupturas e por vezes o passado deve ser esquecido por não mais conseguir dar as respostas aos novos questionamentos que promovem o curso do desenvolvimento do homem, não se pode desconsiderar o caráter cumulativo e progressivo do conhecimento, pois “as permanências de visões de mundos, de épocas anteriores tendem a fazer parte de uma nova realidade histórica, mas com novos significados, às vezes camufladas, com um substrato no qual nega muitas vezes suas dívidas precedentes” (MELO, ARAÚJO e ALMEIDA, 2016).

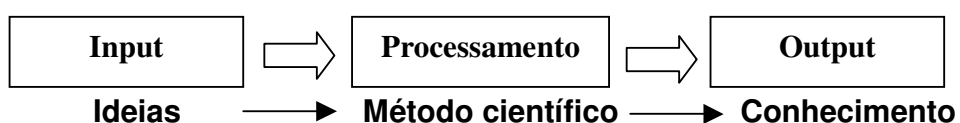
A história humana é um único processo que no decorrer do seu desenvolvimento, determinou momentos e rupturas que precederam novas fases, cada vez mais densas de criatividade e de poder de explicação sobre o funcionamento do mundo, pois “à medida que o conhecimento é produzido, vai modificando a forma de pensamento de um grupo e ampliando a percepção das pessoas, de forma que valores inicialmente consagrados sofrem lentamente transformações, para, em seguida, serem radicalmente alterados”. (ESPÓSITO; B. da SILVA; R. da SILVA e SALOMÉ, 2014).

Como principais características que definem o conhecimento científico têm-se a clareza e precisão, a generalidade, o método, a sistematicidade, a objetividade, a verificabilidade, a falibilidade e a refutação (GIL, 2000).

1.2 – O processo de geração do conhecimento

Assim como qualquer processo produtivo, a geração do conhecimento, o produto, necessita de insumos (recursos produtivos) que são processados e transformados. Então, por ser gerado, o conhecimento científico faz parte de um processo de produção que pode, analogamente, ser representado pela figura abaixo.

Figura 1. O processo de produção científica



Observação: adaptada de Rossetti (2002)

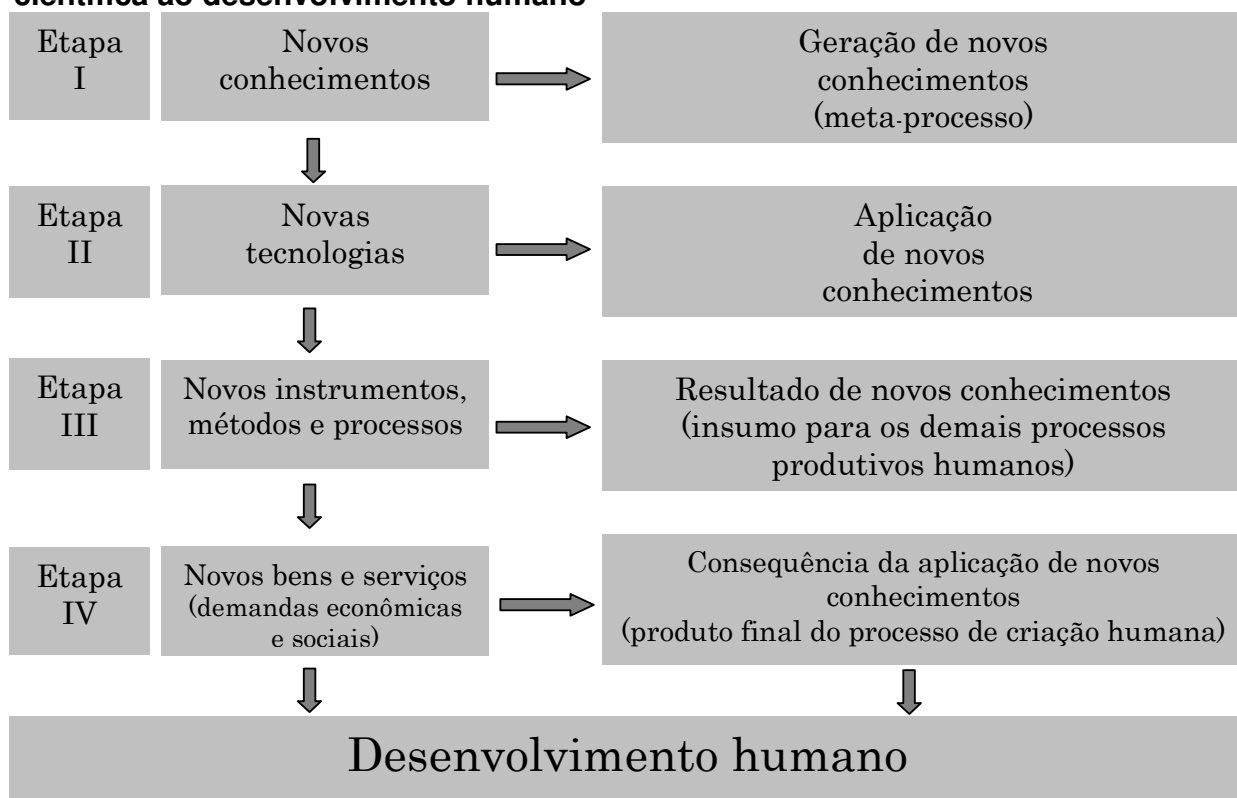
No caso da produção científica, o *input* do processo representa os insumos básicos que são as ideias a partir dos questionamentos, inquietudes e curiosidades humanas que movem e direcionam os rumos da humanidade. Na fase de processamento, essas ideias são organizadas de forma metódica, sistemática, objetiva, precisa e direcionada, revelando o aspecto científico do processo de produção do conhecimento. Esse processo é baseado na racionalidade imputada exclusivamente aos seres humanos. O *output* representa o resultado do processo, ou seja, novos conhecimentos que serão divulgados, publicados e utilizados para abrir novas fronteiras (aspecto horizontal) e expandir conhecimentos já criados (aspecto vertical), pavimentando os caminhos e consolidando a posição humana de protagonista de sua própria história.

A característica básica desse processo de produção, diferentemente de todos os outros, é que ele é a base, a semente, a origem de todos os outros processos, pois em uma perspectiva filosófica, ele é o processo de todos os processos, o meta-processo, que vai viabilizar a partir de sua produção, todas as outras produções oriundas da criatividade humana. Assim, o processo de produção científica passa a ser, em uma análise ampla, a base do processo de toda a criação humana, sendo ele próprio, uma criação humana. Para Sobrinho (2014), “o desenvolvimento da ciência no século XX e, sobretudo, desde a Segunda Guerra Mundial, apresenta taxas de

crescimento exponencial sem paralelo com qualquer outro setor da atividade humana”, o que sugere que foi a partir desse momento que se observou uma escalada criativa sem precedentes na história.

A Figura 2 a seguir mostra a ideia do meta-processo de produção científica, onde a partir de seus resultados (*output*), se torna possível toda a produção humana para fins de seu próprio desenvolvimento. Esse modelo foi inspirado no estudo de Weiss (1979) que ao analisar o uso do conhecimento na formulação de políticas públicas, definiu o *modelo de conhecimento dirigido* por meio da seguinte sequência linear: pesquisa básica → pesquisa aplicada → desenvolvimento → aplicação.

Figura 2. Modelo de transição do conhecimento: a trajetória da produção científica ao desenvolvimento humano



Observação: elaborada pelo autor

De acordo com o modelo de transição do conhecimento, a Etapa I indica que o desenvolvimento humano se inicia a partir do processo de produção científica que cria novos conhecimentos considerando o estoque já disponível. Esse é considerado o meta-processo, aquele que vai permitir toda e qualquer produção humana subsequente. A Etapa II mostra a fase da sua aplicação, compreendendo a geração de novas

tecnologias já que em uma abordagem moderna, as tecnologias devem se transformar em inovações, imputando o apelo mercadológico impulsionado pelo fortalecimento da globalização e da hegemonia do modelo de produção capitalista. Na Etapa III as tecnologias se converterão em instrumentos, métodos e processos, que serão a base dos demais processos produtivos. Nessa etapa, há a transformação do ativo intangível (conhecimento) em ativos tangíveis (bens e serviços de produção), para possibilitar todo e qualquer processo produtivo para o atendimento das demandas sociais e econômicas da sociedade. Isso só foi possível pela geração das tecnologias de produção da etapa anterior. A Etapa IV mostra que todo o esforço humano orientado para a produção de novos conhecimentos alcança o seu estágio final com a oferta dos bens e serviços de consumo, para a satisfação das necessidades e dos desejos humanos, em qualquer contexto (social, econômico, ambiental, político e cultural).

Os principais guias do processo demonstrado na Figura 2 são os pesquisadores, agrupados em grupos de pesquisa e ordenados em verdadeiras estruturas produtoras de conhecimento, as universidades, além de outras estruturas, como os institutos de pesquisa (Fiocruz, Embrapa, INPE, INPA, etc). Para Lopes, Costa, Lopes, Fernández-Llimós, Amante e Lopes (2012),

“A produção científica reveste-se da maior importância no conjunto das atividades acadêmicas e de investigação sendo um instrumento pelo qual a comunidade científica mostra os resultados, a pertinência e a relevância da investigação. Nesse sentido, é o espelho do desempenho da instituição e dos docentes e investigadores, no conjunto das suas atividades de ensino e de investigação”.

1.3 - A produção do conhecimento e o desenvolvimento

A produção científica, mais do que uma variável acadêmica, pode demonstrar a capacidade de uma nação se desenvolver e, por isso, é peça chave nas políticas de desenvolvimento que têm na base a geração de novas tecnologias e das inovações tecnológicas que permitirão o aumento da riqueza e da prosperidade. O ambiente acadêmico se destaca, na atualidade, pelo seu papel de produtor do conhecimento-mercadoria, ou seja, o conhecimento gerado deve ser aplicado (tecnologia) e direcionado ao mercado (inovação) para garantir a agregação de valor aos produtos produzidos pela economia (MANCEBO, 2013).

Essa noção é reforçada pelo modelo de desenvolvimento contemporâneo, baseado na produção da riqueza a partir do modo de produção focado no crescimento econômico. O crescimento econômico é o aumento quantitativo dos bens e serviços que um país é capaz de produzir e é medido pelo respectivo Produto Nacional Bruto/PNB. Quanto maior o PNB maior a riqueza e maior é a prosperidade que, no modelo capitalista, é condição necessária ao desenvolvimento. As origens dessa noção remontam a Modernidade que contaminou os séculos XIV, XV e XVI, e possibilitou por meio do progresso científico, o progresso tecnológico e o conseqüente progresso econômico. Esse conjunto de coisas promoveu a Revolução Industrial na Europa, que potencializou a capacidade criativa do homem e orientou a ciência e a tecnologia para os interesses vinculados ao modelo de produção baseado na acumulação do capital.

Pinheiro, Mendes e Oliveira (2014) destacam a contribuição de Landes (1988) que afirmou que a partir do Séc. XVII, o método científico e a pesquisa constituíram-se em pilares da Revolução Industrial e para o desenvolvimento que se seguiu. Pochmann *apud* Mancebo (2013), afirma que “a produção da ciência, tecnologia e inovações tecnológicas são imprescindíveis para que o capitalismo possa renovar-se e ampliar sua margem de riqueza, a partir da base industrial consolidada”. Almeida e Leão (2014) acrescentam que “o avanço tecnológico faz com que o poder e o capitalismo se reinventem para capturar as subjetividades virtualizadas pela figura do público, por meio do controle a distância”.

As políticas de C&T&I servem como bússolas que orientam uma sociedade na busca da trajetória ao seu desenvolvimento. Nessa relação, a ciência revela o âmbito em que os conhecimentos são gerados, a tecnologia o âmbito em que os conhecimentos são aplicados e a inovação o âmbito em que os conhecimentos são transformados em riqueza.

1.4 - A tecnologia e a aplicação do conhecimento

Na moderna concepção de desenvolvimento, o conhecimento deve ser aplicado sob o risco de se transformar em conhecimento desorientado, desvinculado e sem propósito. Seria o conhecimento pelo conhecimento herdado da época em que a ciência neutra era a boa ciência e que ciência e tecnologia não se relacionavam com o

contexto ao qual foram criadas (DAGNINO *apud* SILVA e BOTELHO, 2016). Como já destacado, todavia, há uma intenção e uma voluntariedade quando se analisa a produção científica. Nos dias de hoje, ela é gerada para ser aplicada e, portanto, para gerar tecnologias, que estão na base dos modernos sistemas produtivos e que determinam, no mundo atual, as nações ricas e desenvolvidas e as pobres e subdesenvolvidas.

Para Sandroni (1989) a tecnologia “abrange o conjunto de conhecimentos aplicados pelo homem para atingir determinados fins”, e que por se originar do conhecimento científico, é também produto humano. O processo de geração das tecnologias em um contexto histórico e de caráter evolutivo, pode ser mais bem entendido quando se analisa as fases de sua evolução, ou seja, as etapas que propiciaram o progresso tecnológico, de caráter cumulativo e atrelados a contextos históricos particulares. Para Silva e Botelho (2016) “... a tecnologia é formulada a partir das necessidades dos atores sociais de um determinado contexto”.

Foram identificadas cinco fases desta evolução: a tecnologia primitiva ou de subsistência, a tecnologia artesanal ou manufatureira, a tecnologia mecanizada ou industrial, a tecnologia de automação ou de ponta e a tecnologia ética ou de sustentabilidade. Independentemente das fases identificadas, porém, o fenômeno da tecnologia sempre esteve acompanhado da geração do conhecimento, mesmo nos primórdios, momento em que o conhecimento apesar de não ser ainda científico, era capaz de ao ser aplicado, resolver os problemas enfrentados pelo homem (HAYNE, 2000).

A Figura 3 a seguir mostra as fases de evolução da tecnologia através dos tempos, confirmando que ciência e tecnologia sempre foram a chave para o desenvolvimento humano.

Figura 3. Fases de evolução da tecnologia

Fato ou contexto histórico	Período	Fases da evolução da tecnologia
Aparecimento do homem	Pré-História	Primitiva ou de subsistência
Primeiros grupos humanos socialmente estruturados	7.000 a.C.	Artesanal ou manufatureira
I Revolução Industrial	1750	Mecanizada ou industrial
Revolução Tecnológica ou III Revolução Industrial	1950	De automação ou de ponta
Ecodesenvolvimento ou desenvolvimento sustentável	1990	Ética ou de sustentabilidade

Observação: elaborada pelo autor

A tecnologia, um fenômeno atribuído à criatividade humana, permitiu em uma perspectiva histórica, o seu auto-desenvolvimento. Desde os primórdios, ainda em uma condição humana pré-histórica, o conhecimento aplicado foi capaz de gerar as tecnologias necessárias para a solução dos problemas enfrentados, basicamente ligados à sobrevivência. Para Veraszto, Miranda e Simon (2008) “a história da tecnologia está estreitamente ligada à história do homem”.

A Figura 3 mostra os pontos de ruptura que marcaram as mudanças nas fases da evolução da tecnologia e que estão diretamente ligadas à evolução humana à medida que novos conhecimentos vinham sendo gerados e novas tecnologias sendo criadas. Esses pontos estiveram relacionados a fatos ou contextos históricos de grande impacto e determinaram mudanças radicais na forma de vida e na maneira como os seres humanos entendiam o funcionamento do mundo. Veraszto, Miranda e Simon

(*ibid.*) atestam que “é através de um estudo da evolução histórica das técnicas desenvolvidas pelo homem, colocadas dentro dos contextos sócio-culturais de cada época, é que podemos compreender melhor a participação ativa do homem e da tecnologia no desenvolvimento e no progresso da sociedade”. E concluem afirmando que “em diferentes momentos a história da tecnologia vem registrada junto com a história das técnicas, com a história do trabalho e da produção do ser humano”.

A ciência moderna foi a grande impulsionadora que potencializou o desenvolvimento humano e o seu reflexo é notado quando se avalia os desenvolvimentos que se seguiram após o Século XV que culminaram na I Revolução Industrial. Antes das revoluções científicas, a evolução da tecnologia foi lenta mas esteve diretamente relacionada com a capacidade humana de gerar novos conhecimentos. Pela condição humana e por sua baixa capacidade intelectual, o ritmo foi bastante lento. Assim, da fase da tecnologia primitiva (Pré-História) para a tecnologia artesanal (Antiguidade), o tempo necessário para que houvesse uma ruptura que demarcasse a mudança de fase foi de aproximadamente 25 milhões de anos. Ao se analisar a passagem desta última para a fase da tecnologia mecanizada (Modernidade), o tempo foi reduzido, mas ainda longo, com mais ou menos 8.750 anos (HAYNE, 2000).

Mesmo nas fases que antecederam as revoluções científicas, observa-se uma redução do tempo necessário para o aparecimento de uma nova fase de evolução da tecnologia e essa diminuição temporal é explicada pelas descobertas agrupadas em novos conhecimentos que, mesmo não sendo ainda científicos, foram suficientes para capitanear o desenvolvimento humano. Somente após o advento da ciência moderna, que potencializou o conhecimento humano, foi possível notar que os períodos das fases de evolução sofreram reduções drásticas. Da fase mecanizada para a fase de automação o tempo decorrido foi de aproximadamente 300 anos, enquanto que desta última para a fase de sustentabilidade o período foi de apenas 40 anos. Veraszto, Miranda e Simon (2008) declaram que a história tecnológica se deu início quando o primeiro homem percebeu que poderia mudar o mundo natural em seu benefício.

Qual fator foi fundamental para a diminuição do período entre as fases à medida que o tempo passou? A resposta é direta: o conhecimento humano, que foi o responsável pelo aparecimento das tecnologias em um ritmo crescente (HERSCHBACH, 1995) e, por isso, levou à diminuição do tempo de permanência das

fases identificadas na trajetória da evolução da tecnologia. Assim, à medida que o tempo passou aumentou-se o estoque de conhecimento humano que permitiu novas incursões, cada vez mais complexas e correlacionadas com a própria evolução. Esse processo, irreversível e contínuo, é o reflexo da criação humana ratificando a íntima relação entre conhecimento e evolução.

Para um melhor entendimento sobre as fases de evolução da tecnologia, foi gerado o artigo intitulado “Análise histórica da evolução da tecnologia: uma contribuição para o ensino da ciência e tecnologia”. Este artigo foi submetido à Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia/RBECT e encontra-se em fase de avaliação para publicação.

1.5 – Ciência, tecnologia e crescimento econômico

A importância de se conhecer melhor o fenômeno da tecnologia é crucial para melhor nos posicionarmos e compreendermos qual é o papel do conhecimento no atual estágio de desenvolvimento humano (VERASZTO, MIRANDA e SIMON, 2008). A ciência autônoma, desinteressada e neutra nasceu da necessidade de substituição do modelo de mundo que preconizava o poder sobrenatural, divino e absoluto como aquele determinante das explicações dos fenômenos naturais.

O nascimento da moderna ciência levou a uma forte ruptura do modelo de mundo até então dominante para um mundo onde todo e qualquer fenômeno natural e, portanto físico, poderia ser explicado cientificamente. O Século das Luzes resgatou o homem de um mundo obscuro e totalmente incompreensível, para um novo em que o indivíduo não só o compreende, mas também o domina (ROSSI, 1992). A natureza passa a ser o objeto de estudo, frente a um movimento unidirecional e robusto vinculado a um mundo explicável e deixa para trás uma fase de letargia e de pouca inspiração criadora.

A partir do século XV o conhecimento científico já era capaz de dissecar os fenômenos naturais e o homem o transformou em uma ferramenta poderosa que seria usada para o seu próprio benefício, na busca da felicidade e do bem estar (TOSI, 1988). O nascimento do Capitalismo foi marcante nessa concepção, pois a partir do

momento que ciência e tecnologia permitiram a formação da riqueza e com esta, a elevação dos padrões de vida das sociedades, houve uma preocupação permanente com a estruturação de sistemas geradores de conhecimento para fomentar os processos de crescimento econômico, que davam às sociedades envolvidas a possibilidade real do alcance da prosperidade (STAUB, 2001).

A produção científica pode demonstrar a capacidade de geração de riqueza de uma nação, pois o sistema econômico orienta este conhecimento para a formação da riqueza e do bem estar social. Van Raan (2004) afirma que *“the absolute size of the scientific research activity in the number of publications of any nation is in very good agreement with its electrical power consumption in kilowatt-hours, indicating that scientific power, economic power, and national wealth are strongly related”*.

O capitalismo se apoderou da ciência que, em um primeiro momento, serviu para desmistificar o mundo, dotando-o de explicações convincentes em bases racionais e em detrimento às argumentações metafísicas impostas pelo dogma religioso. O auge da ascensão capitalista foi alcançado na Revolução Industrial no século XVIII, onde o modo de produção baseado na introdução do capital (máquinas) elevou a riqueza das nações e as inovações passaram a ser o principal fator gerador do aumento da produtividade, gerando a prosperidade. Nesse contexto, segundo Silva e Botelho (2016) *“a prática científica serve-se aos caprichos do capital e neste caso é usada para a dominação”*.

Conceitualmente a tecnologia pode ser entendida como conhecimento aplicado. Herschbach (1995) argumenta que *“the term technology acquired limited usage in the late 19th century as a way to refer to the application of science (knowledge) to the making and use of artifacts”* e acrescenta que *“the term technology is strongly associated with the application of science to the solution of technical problems”*. Para Layton (1974), *“the denial of a thought component to technology is thus the consequence of adopting a theory of the relationship of science and technology. This theory holds that scientists generate new knowledge which technologists then apply”*. Jones (1998) afirma que *“as teorias de Solow¹ ajudaram a esclarecer o papel da acumulação de capital físico e destacaram a importância do progresso técnico como*

¹ Robert Solow foi um renomado economista que nos anos 50, por meio de suas teorias, contribuiu para o entendimento do progresso tecnológico e a sua relação com o crescimento e o desenvolvimento das nações.

motor fundamental do crescimento econômico sustentado”. Para Schumpeter (1957), os ciclos econômicos funcionam de modo a desestabilizar o estado estacionário a partir da *destruição-criadora* e por meio da geração de inovações tecnológicas que operam como os motores do capitalismo (MORICOCCHI e GONÇALVES, 1994).

As nações capitalistas viram no conhecimento e no desenvolvimento das ciências, associados ao progresso tecnológico, as bases da prosperidade econômica que poderia se converter no desenvolvimento das sociedades. Pinheiro, Mendes e Oliveira (2014) em uma análise das teorias de inovação afirmam que aqueles países ricos que promoveram a criação e a disseminação do conhecimento o direcionaram para os setores produtivos. Ciência e tecnologia estreitam suas relações com as esferas nos negócios (SOBRINHO, 2014). Arora, David e Gambardella (1998) afirmam que *“the complex and multi-dimensional links between technological progress and scientific research have been recognized for a long time by economists as well as by science administrators and business managers”*. E acrescentam que *“[...] several recent quantitative studies have shown that there is a significant correlation between scientific research and technical change in industry”*. Melo, Araújo e Almeida (2016) argumentam que *“com o advento do capitalismo as relações pessoais, profissionais e interpessoais modificaram-se significativamente. [...] onde tudo que se tornou efêmero para atender às necessidades do mercado, tem como consequência, sobretudo, o sistema capitalista vigente”*.

1.6 - Uma crítica ao produtivismo científico

A produção científica está sendo diretamente afetada pela noção de que a competição, a tecnocracia e o merecimento, oriundos da ideologia capitalista, são atributos indispensáveis para o “fazer ciência” nos dias de hoje. Ela foi impregnada pelos reflexos do próprio modo de produção capitalista e, sendo ela mesma um processo de produção, está sob a égide da eficiência e da produtividade como fatores essenciais ao sucesso. A necessidade cada vez maior de se recorrer a fontes de financiamento para a pesquisa tem aumentado a relevância da produção científica, já que ela é critério para a seleção dos beneficiários dos recursos físicos e financeiros e, portanto, há a ideia de que “quanto maior a produção, melhor o pesquisador”.

Ferreira (2015) alerta para o fato de que o quantitativo, como o critério avaliativo principal do pesquisador vincula-se a ideia de que quanto maior a produção científica (artigos, livros, *papers*) maior também o capital (financeiro, material e social) que pesquisadores alcançam, sendo um elemento de competição entre os pares. Isso pode representar um grande risco para a ciência e, ao mesmo tempo, um grande desafio para os responsáveis pela gestão do conhecimento.

Pela importância fundamental que a produção científica tem para a disseminação do conhecimento, houve uma desenfadada necessidade de publicar. E não só publicar, mas publicar em revistas e outros meios de divulgação que indiquem um mínimo de qualidade. Para Mancebo (2013) “a produtividade é medida, especialmente, em termos de publicação acadêmica nos veículos com melhor reputação nos respectivos domínios do conhecimento”. Um exemplo são as bolsas de produtividade de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq, que têm na produção científica um importante fator de produtividade.

Um grande aparato de instrumentos de avaliação e mensuração da qualidade vem sendo criado para dar suporte a esse processo baseado na qualificação para se opor ao fenômeno da quantificação produtiva tão somente como indicador de produtividade. Com as modernas tecnologias de informação, foram criadas importantes bases de dados para consultas a publicações de praticamente todas as áreas do conhecimento, a partir de revistas indexadas que indicam o mais alto nível em termos de produção científica, já que baseadas em revistas reconhecidamente de alta qualidade. Por exemplo, no Brasil a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES desenvolveu a base QUALIS para dar suporte à avaliação dos cursos de pós-graduação, por meio do ranking das revistas (nacionais e internacionais) em que o peso das publicações é um importante item na classificação dos programas de pós-graduação (MANCIBO, 2013). Acrescentam Bachion, Fonseca e Barbosa (2015) sobre os critérios mais rígidos para a aceitação de artigos que “as bases de dados se multiplicam e, cada vez mais, se impõem padrões de qualidade mais rigorosos, que devem ser cumpridos para a permanência dos periódicos nas bases”.

Muitos autores, por outro lado, criticam essa busca pela produtividade de maneira a condenar a forma como o processo de produção científica vem sendo

operado mundo afora. Como assinala Gorz *apud* Almeida e Leão (2014) “vivemos em uma sociedade cuja importância do conhecimento aponta para ele como uma de suas forças produtivas”. Nesta linha de pensamento podemos inferir que como a produção do conhecimento é também um processo de produção e, de acordo com a lógica utilitarista, há também uma orientação para processos produtivos do conhecimento que sejam altamente produtivos. Assim pode-se dizer que, analogamente, o aumento da produção de bens e serviços que garante a prosperidade econômica equivale ao aumento da produção científica que atesta a prosperidade científica.

Tendo como mola propulsora no processo de geração do conhecimento o pesquisador comprometido com o produtivismo, observa-se um limite entre a produção do saber em um ambiente de reflexão, livre pensar e agir e a valoração do conhecimento ancorado na produtividade por meio do aumento de artigos publicados (FERREIRA, 2015). Para essa autora “muitos espaços acadêmicos priorizam a quantidade de produção sem levar em conta a qualidade exigida para se alcançar o universo da ciência”.

A lógica capitalista não está inserida somente no lado da oferta do conhecimento, mas também na demanda, pois o “consumo” do conhecimento se materializa no momento em que há as citações. Assim, em uma visão mercadológica, a demanda e a oferta se encontram no mercado do conhecimento. É o que defende Banchion, Fonseca e Barbosa (2015) quando afirmam que “com a utilização de métricas para a avaliação de qualidade da produção, a comunidade científica percebeu que não bastava publicar, era preciso que os pesquisadores consumissem o conhecimento gerado por outros pesquisadores, citando-os e dialogando com os resultados de outras pesquisas através dos seus artigos”. Em uma dura crítica ao produtivismo acadêmico Almeida e Leão, (2014) afirmam que:

“Quando a produção do conhecimento fica refém da lógica capitalista ocorre o empobrecimento do pensamento. Os arranjos institucionais organizadores da academia brasileira podem levar à produção de um conhecimento especializado, voltado para nichos acadêmicos. E, por vezes, a relevância social das pesquisas fica em segundo plano em função do aumento das publicações, como fim em si mesmo”.

Sacardo e Silva (2017) vão além quando afirmam que “na base do produtivismo, repercute na formação acadêmica e na produção do conhecimento, referenciais pragmáticos, funcionalistas e pós-modernos que privilegiam a eficiência e o consenso político liberalizante que, embasados pela experiência imediata, celebram o “fim da teoria”.”

1.7 – A mensuração da produção científica

Independentemente das críticas ou da aprovação do papel da ciência e do conhecimento no mundo atual, alguns pontos são destacados como fatos que, destarte qualquer juízo de valor, estão intimamente relacionados com a produção do conhecimento:

a) A produção científica é a forma como o conhecimento é verbalizado e disponibilizado para os pares e para a própria sociedade;

b) A produção do conhecimento é fator do desenvolvimento humano através dos tempos;

c) A tecnologia, fruto do conhecimento permite, independentemente dos interesses envolvidos, resolver os problemas que a humanidade enfrenta;

d) No mundo globalizado em que a questão econômica é exaltada, a ciência e a tecnologia são fatores que promovem a prosperidade humana;

e) Ciência, tecnologia e inovação são fatores determinantes que diferem nações ricas de nações pobres.

Tendo como balizador os itens anteriores, não faz parte do escopo deste trabalho, investigar, refletir, orientar ou desmistificar qualquer aspecto relacionado ao o que é ciência ou sobre os condicionantes, as consequências ou as relações desta forma social de comportamento com os demais âmbitos que estruturam uma sociedade. Também não é o propósito, estudar os aspectos positivos ou negativos do seu processo ou a consideração de que a ciência é autônoma ou dependente ou ainda neutra ou compromissada. O interesse está no entendimento de que a produção

científica é um fator determinante e importante para a sociedade contemporânea e que merece um olhar mais atento.

1.8 – A publicação de artigos como medida de produção científica

Tendo como pressuposto a importância da produção científica no mundo atual, pois fomenta o progresso tecnológico, o qual sustenta o crescimento econômico, chega-se a conclusão de que a produção do conhecimento é norteadora da sociedade contemporânea. Por isso faz-se necessário compreender os aspectos que envolvem a produção científica, e o entendimento de como medi-la torna-se uma tarefa prioritária. Splitter e Rosa *apud* Duarte *et al.* (2015) ressaltam que os estudos bibliométricos são relevantes para avaliar as condições em que se encontra determinada área do conhecimento. Vanti (2002) destaca que pela necessidade de avaliação dos avanços da C&T&I, é estratégico investigar o desenvolvimento das diversas áreas do conhecimento. Para tanto, optou-se pela aferição da produtividade das instituições de pesquisa e pela identificação de áreas potenciais para fins do uso eficiente de recursos públicos. Para essa autora a bibliometria se apresenta como ferramenta bastante útil, dada a possibilidade de medição da produtividade de pesquisador por meio da aplicação de métodos quantitativos. Belew (2005) reforça esta argumentação afirmando:

“Because scientific publications play such a central role in the modern enterprise of science, bibliometric techniques which measure the “impact” of an individual publication as a function of the number of citations it receives from subsequent authors have provided some of the most useful empirical data on this question”.

Em linhas gerais, a bibliometria serve para medir estatística e quantitativamente índices de produção do conhecimento, além de propiciar o gerenciamento da produção científica por meio do acompanhamento dos padrões de autoria e do uso dos resultados científicos. As bases de dados mais utilizadas são a *Web of Science* da Thomsom Reuters e o *Scopus* da Elsevier para medir o impacto dos trabalhos. Essas

duas se destacam por oferecer bases mais amplas e completas. No caso das revistas científicas o mais utilizado é o *SCImago Journal Rank/SJR* para medir o impacto das fontes (LOPES *et al.*, 2012).

São considerados como produção científica, a publicação de livros, teses, capítulos de livros, artigos publicados em revistas científicas, comunicações em atas de conferências, relatórios técnicos, materiais pedagógicos, *white papers* e páginas web. (CORTEZ *apud* LOPES *et al.*, 2012). Termos como *peer review*, *blind review*, citações, base de dados, fator de impacto, Índice H, revistas especializadas e rankings estão presentes no contexto que envolve a produção científica (SOBRINHO, 2014).

A publicação de artigos científicos é bastante utilizada no meio acadêmico para medir a produção científica do pesquisador e das instituições de pesquisa. Para Santos e Kobashi (2005) *apud* Bernardino e Alentejo (2014) indicadores de produção científica são “constituídos pela contagem do número de publicações por tipo de documento”. Os resultados das análises bibliométricas permitem conceber um panorama geral do *status quo* da ciência, abordando em termos espaciais e temporais, a distribuição das atividades de pesquisa para se determinar centros de excelência e possíveis tendências que orientem as atividades, as políticas e os mecanismos que impulsionem o sistema de C&T&I.

O contexto que envolve a produção científica se alinha a questões menos visíveis, porém não menos importantes, no processo de desenvolvimento científico. Estas questões dizem respeito a aspectos que podem gerar a concentração ou a dispersão desta produção e que de certa forma, determinam como e onde esta concentração e/ou esta dispersão se localizam. Este fato remete para a necessidade de se aprofundar o estudo sobre a produção científica. Para Nakano (2005) *apud* Souza-Silva *et al.* (2010),

“Atualmente, tem sido observada uma crescente necessidade de avaliação e reavaliação da produção científica decorrente principalmente de duas mudanças ocorridas no meio acadêmico: o número crescente de publicações e o aumento das instituições que estão trabalhando com pesquisa”.

De acordo com a Revista Nature (2015), o Brasil se situava na 15^a posição em 2014 no ranking dos países produtores de artigos científicos demonstrando que o país ocupa uma posição de destaque no cenário mundial e é líder na América Latina. Esse desempenho pode estar relacionado a “fatores como o aumento das publicações de artigos brasileiros em periódicos internacionais e a criação de novos programas de pós-graduação ao redor do país demonstram a curva de crescimento brasileiro” (ALMEIDA e LEÃO, 2014). Pinheiro, Mendes e Oliveira (2014) concordam que “mesmo se tratando de um percentual sobre números absolutos de publicações, a posição do Brasil, no quesito produção de artigos científicos, é um indício de intensa atividade de pesquisa no país”.

O papel das políticas governamentais para o setor foi fundamental para a criação de uma infraestrutura sólida em termos de produção do conhecimento. O Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) brasileiro tem conseguido galgar a passos largos grande sucesso que se converteram no avanço da ciência brasileira. Porém, apesar do grande resultado ao se analisar o todo, observa-se que a distribuição desta produção no país se mostra fortemente concentrada, escancarando um problema que afeta não só a área de C&T&I, mas importantes setores da vida do país. As profundas diferenças regionais alertam para o fato de que o desequilíbrio regional ameaça o percurso para a consolidação da ciência brasileira como base do desenvolvimento do país.

A distribuição dos recursos dos governos estaduais, por região revela uma disparidade nos investimentos: a maior parte provém da região Sudeste, que sozinha, respondeu por 73,3% do total aplicado em 2000. Outro indicador de concentração regional é análise da distribuição geográfica dos grupos de pesquisa: a maioria dos grupos (52%) se concentra na região Sudeste, sendo que as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, juntas, são responsáveis por apenas 24% dos grupos, percentual igual ao da região Sul (SOARES, 2002). No caso de um recorte por área do conhecimento, as ciências naturais, como a física e a química, se destacam em relação às áreas sociais, como o direito e a contabilidade; ainda dentro das áreas do conhecimento e dentro das ciências naturais, por exemplo, a matemática se destaca em relação à estatística ou, ainda, a sociologia, no campo das ciências humanas, se destaca em relação à administração.

Em um estudo realizado por Schwartzman (2002) se observa a predominância das áreas aplicadas de engenharia e saúde e a presença relativamente reduzida das ciências sociais e humanas no tocante à distribuição de recursos públicos para a pesquisa científica e tecnológica. A configuração de redes sociais entre pesquisadores tem contribuído para as diferenças do número de publicações nas áreas do conhecimento. Nascimento e Bauren (2011) apresentaram os resultados de um trabalho de Larivière *et al.* (2005), onde este autor estudou a dicotomia existente, no Canadá, entre as práticas de publicações nas ciências naturais e engenharia e as ciências sociais e humanas para identificar os padrões de colaboração entre estas áreas do conhecimento. De acordo com estes autores “as relações de colaboração dos pesquisadores canadenses estão crescendo nas ciências naturais e engenharia, bem como nas ciências sociais e humanas” (*ibid.*). Esta constatação indica que a distribuição da produção científica nas áreas do conhecimento está diretamente relacionada com a forma de organização destes grupos.

No caso da área da Educação em Ciências, pode-se notar que o modelo para a produção científica, adotado no Brasil, seguiu o mesmo da Europa e dos Estados Unidos (ANDRADE e MARTINS, 2014). Para estes autores, segundo o trabalho de Villani, Dias e Valadares (2010), “linhas de pesquisa baseadas em concepções alternativas e em mudanças conceituais foram capazes de estabelecer um ‘guarda-chuva’ teórico (construtivismo) para inúmeros projetos de pesquisa”. Ainda para Andrade e Martins (2014), no caso brasileiro, “essas linhas teóricas também foram adotadas e incluíram as contribuições das teorias de Piaget, Ausubel e Novak. Além disso, a história e a filosofia da ciência têm desempenhado um importante papel no desenvolvimento da pesquisa em educação em ciências no Brasil”. A adoção de uma mesma metodologia nos leva a inferir que há uma replicação das disparidades observadas internacionalmente na distribuição da produção científica em determinadas áreas do conhecimento no Brasil.

Outros recortes podem ser considerados e, de certa forma, convergem para o quadro geral onde se observa, em nível nacional e até internacional (entre países e regiões), uma dispersão mais acentuada em áreas menos favorecidas ou, por outra ótica, uma concentração em áreas mais “tradicionais” do conhecimento humano. *These disparities can also be seen in the knowledge fields structure. Hard science against soft*

science receives more investments and thus publishes more. It is a worldwide phenomenon because of the development of Science itself. In Croatia, for instance, technical sciences, biomedicine and natural sciences account for 59,5% of the publications while humanities and social sciences only 30% (PECARIC, BAKOVIC e TUDMAN, 2015).

O desafio que se põe está em relação aos determinantes que explicariam porque determinada área esta à frente de outra, porque determinada região está à frente de outra, ou porque determinada instituição está à frente de outra, mesmo em uma mesma região. Não se trata de abordar questões ligadas aos indicadores de produção científica, mas mais além, de entendê-los como objeto de pesquisa, no sentido de compreender como a produção científica e, conseqüentemente, os seus indicadores, são afetados por variáveis que estão constantemente pressionando o sistema de ciência e tecnologia e se refletindo na dinâmica, na forma, na velocidade e no entendimento da geração de novos conhecimentos. Para Cruz (2010), indicadores de resultado servem para aferir a situação de um SNCTI e estes se relacionam com outras dimensões do sistema acadêmico.

Pode-se considerar que as disparidades encontradas nos vários aspectos relacionados à produção científica são oriundas do processo de formação das sociedades. Por exemplo, no Brasil, a partir do seu desenvolvimento no século XVI, ainda colônia, quando os portugueses aqui aportaram. A característica de país continental e da sua dinâmica de desenvolvimento, baseada na concentração em polos durante o processo de formação do estado nacional brasileiro, podem ser interpretados como fatores importantes da atual situação da distribuição da produção científica nacional. Mudanças estruturais importantes que possam alterar o *status quo* da educação no Brasil geram fortes turbulências na área política e particularmente econômica (OLIVEIRA, 2007). Este autor argumenta em seu estudo sobre o desafio de uma educação universal e de qualidade, de que mudanças no montante de recursos aplicados na educação ocasionariam alterações nas opções macroeconômicas, o que se torna uma grande barreira para mudanças no quadro atual.

Portanto, este fenômeno garante a estrutura polarizada da educação e, conseqüentemente, dos resultados oriundos do processo de geração do conhecimento que tem na produção científica, um resultado importante. Assim, observa-se uma

carência em relação ao avanço do entendimento do processo de produção científica que leva em conta aspectos estruturais que não estão diretamente relacionados ao resultado (a própria produção), mas que têm impactos que podem revelar as condições que geram a sua dispersão e/ou concentração. Aspectos sociais, econômicos, políticos, geográficos, científicos, tecnológicos entre outros, podem definir as variáveis, exógenas e/ou endógenas, que determinam estes elementos estruturais. Segundo Price (1976) *apud* Targino (1998),

“em termos qualitativos, tal avanço difere de acordo com as áreas e subáreas, com as regiões do mundo e com a época. São fatores intervenientes de estratégias governamentais adotadas, as prioridades fixadas em momentos históricos das nações, a ênfase maior ou menor à teoria ou a experimentação, dentro outros.”

II. OBJETIVOS

2 - Objetivos

2.1 - Geral

O presente trabalho tem como objetivo estudar os determinantes da produção científica brasileira para se identificar as variáveis que influenciam a sua geração. Não se pretende fazer uma análise de indicadores de produção científica brasileira, mas um estudo que possa determinar os principais fatores que explicam esta produção.

2.2 - Específicos

- Fazer uma análise econométrica da produção científica brasileira para identificar as principais variáveis determinantes.
- Fazer uma discussão que contemple uma análise temporal das variáveis incluídas no modelo econométrico no período de 1994 a 2014.
- Apresentar uma análise empírica dos resultados econométricos para fins de interpretação qualitativa.
- Propor ações que promovam o melhoramento do sistema de produção científica nacional a partir da interpretação qualitativa.
- Proceder uma comparação entre o Brasil e os demais países dos BRICS no contexto da C&T&I.

O escopo deste trabalho não se concentrou no detalhamento de quais ações e políticas devem ser implementadas para melhoria do ambiente da produção científica no Brasil, mas na sugestão de ações de caráter geral que possam subsidiar tais ações e políticas.

III – METODOLOGIA E RESULTADOS

Os resultados e a metodologia serão apresentados na forma de artigos científicos, sendo que o primeiro refere-se a uma revisão de literatura e está inserido como parte da introdução e o segundo refere-se ao foco da pesquisa realizada.

3.1. Artigo I

Hayne, L.A.; Wyse, ATS. Análise da evolução da tecnologia: uma contribuição para o ensino de ciência e tecnologia.



Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia
ISSN: 1982-873X

CAPA SOBRE PÁGINA DO USUÁRIO PESQUISA ATUAL ANTERIORES NOTÍCIAS

Capa > Usuário > Autor > Submissões > #5947 > **Avaliação**

#5947 Avaliação

RESUMO **AVALIAÇÃO** EDIÇÃO

Submissão

Autores	Luiz Augusto Hayne, Angela Terezinha Wyse
Título	ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Seção	Artigos
Editor	Rosemari Silveira

Avaliação

Rodada 1

Versão para avaliação	5947-21269-1-RV.DOC 2017-05-30
Iniciado	2018-02-22
Última alteração	2018-03-22
Arquivo enviado	Nenhum(a)

USUÁRIO

Logado como:
luizhayne

- [Meus periódicos](#)
- [Perfil](#)
- [Sair do sistema](#)

AUTOR

Submissões

- [Ativo \(1\)](#)
- [Arquivo \(0\)](#)
- [Nova submissão](#)

IDIOMA

Selecione o idioma

Português (Brasil) ▾

Submeter

CONTEÚDO DA REVISTA

Pesquisa

Periódico: Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia/RBECT

Status: submetido

3.2. Artigo II

Hayne, L.A.; Wyse, ATS. Econometric Analysis of Brazilian Scientific Production and Comparison with BRICS.

Science, Technology and Society

Econometric Analysis of Brazilian Scientific Production and Comparison with BRICS

[L.A. Hayne, A.T.S. Wyse](#)

Article Information

Volume: 23 issue: 1, page(s): 25-46

Article first published online: January 12, 2018; Issue published: March 1, 2018

<https://doi.org/10.1177/0971721817744442>



Periódico: Science, Technology and Society

Status: publicado

Econometric Analysis of Brazilian Scientific Production and Comparison with BRICS

L.A. HAYNE and A.T.S. WYSE

This article proposes a study that placed Brazilian scientific production at the core of the debate, and Brazil as a member of BRICS framework emphasises its importance. It starts from the argument that scientific production is a key factor considering that it is through knowledge that societies evolve. This issue becomes even more relevant when pointing to the capitalist production model that transforms knowledge into wealth. That was the starting point for leading an econometric study to formulate a model to explain Brazilian scientific production from 1994 to 2014. The least square method was used to estimate the parameters of a production function to identify the variables that most influenced, statistically, the behaviour of Brazilian scientific production. The main variables that strongly explained the number of published articles, proxy of the scientific production, are number of post-graduate programmes, number of masters and doctors, Brazilian population and expenditure on research and development (R&D). The present study showed that postgraduate programmes are the ones that most influenced the behaviour of Brazilian published articles. Therefore, it is necessary to equip Brazilian postgraduate system to create the basis of a structure, which, in the near future, will produce knowledge in large scale and with high competitiveness.

Introduction

SCIENTIFIC PRODUCTION is an important indicator of research productivity and of Scientific and Technology systems as it depicts innovation potential, an intangible good, into something tangible that serves as basis of wealth creation in a society. Individual institutions and researchers are classified based on scientific productivity, which is typically based on the number of published papers, journal impact

L.A. Hayne (corresponding author), National Council for Scientific and Technological Development/CNPq, Conjunto B, Bloco C, Térreo, Edifício Santos Dumont, Lago Sul, Brasília, DF, Brazil.
E-mail: luizhayne2012@gmail.com

A.T.S. Wyse, Program of Post-graduation in Education and Science, Institute of Basic Sciences Health (ICBS), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Rua Ramiro Barcelos, Anexo, Porto Alegre, RS, Brazil.

Science, Technology & Society 23:1 (2018): 25–46

SAGE Publications Los Angeles/London/New Delhi/Singapore/Washington DC/Melbourne
DOI: 10.1177/0971721817744442

factors and number of citations (Almeida, Pais & Formosinho, 2009, pp. 134–142). Scientific and technological research is vital to secure economic prosperity and social development particularly given that competition of knowledge institutions in capitalism has become an important criterion of the system that gives comparative advantage of nations. Transforming knowledge into wealth is a goal of capitalism based on the premise that capital accumulation forms the essence of a system based on the formation and distribution of wealth.

Knowledge, skills and creativity are valuable assets that, if exploited well, allows success in the modern economic world. They are the key to designing high-value goods and services and advanced business practices (Jessop, 2000, pp. 63–78). Thus, scientific production is an indicator that is closely linked to the wealth-generating capacity from knowledge base of a nation as the economic system guides this knowledge through to the formation of wealth and social welfare.

In addition to the dissemination of knowledge itself, scientific production determines what good science should be, it demarcates centres of excellence in time and space, it reveals trends that guide the progress of science and technology and, it acts as an ‘invisible hand’ in the allocation of financial, physical and human resources focused on technical and scientific training, in turn optimising scarce resources and applying them in optimal ways for maximum benefit. The publication of scientific articles is widely used in academia as a measure of the productivity of researchers and institutions. Conventional bibliometric methods generally evaluate research trends by investigating the publication outputs of different countries (Tian, Wen & Hong, 2008, pp. 65–74).

For the scope and purposes of this study, however, only the number of published articles is used to assess scientific production, as this is a more appropriated measure. Brazil plays an important role in global scientific production, occupying the 23rd position in the global ranking and placing first among Latin American countries in 2014 (Nature Index, 2015). With the adoption of a new model for evaluating Brazilian postgraduate programmes developed by the Coordination for Improvement of the Higher Education/CAPES in 1998, scientific production has become a crucial element for measuring the quality of teachers and programmes with an emphasis on scientific production (Balbachevsky, 2009). This emphasis shows that, overall, Brazil is on the progressive path, as the National System of Science, Technology and Innovation (SNCTI) has achieved good results in relation to policies guiding the advancement of Brazilian science. Nevertheless, when analysing the country in a segmented manner, it is evident that Brazil suffers from regional issues among institutions, areas of knowledge and other aspects that form the structure of Brazilian science.

The application of a National Innovation System (NIS) reinforces the need to create an institutional arrangement, based on the strengthening of interactions that should occur not only between less developed and more developed economies, but above all, in local interactions between firms, universities and centres of research, financial and legal systems and government among others, to transform the social potential into economic growth. NIS also provides an important framework for

comparison with other regions and countries. The concept of NIS linked to neo-Schumpeterian thinking and disseminated by authors like List (1841), Rosemberg (1976), Nelson (1977), Freeman (1987) and Lundvall (1992) explains the learning process towards innovation influenced by culture and history and by institutional, political and economic dimensions that form a country's NIS (Cassiolato & Soares, 2013; Motta e Albuquerque, 2004). However, structural features that explain this situation are not easily identifiable. Although development agencies in Brazil have dedicated 30 per cent of all funds to conduct research in northern and northeastern regions since 2003. It is known that the southern and southeastern regions control the bulk of scientific activities regardless of whether we consider this a regional issue. This reflects a strong concentration of investment in science, technology and innovation in Brazil (Arora, David & Gambardella, 1988, pp. 49–50). These disparities can also be seen in knowledge field structures. The hard sciences receive more funding than the soft sciences and publish more. This reflects a worldwide phenomenon due to aspects of the development of science itself. The article is structured as follows. In the next section, we will briefly review Brazilian science and technology policy strategies. Following this, the section will present the econometric research on Brazilian science production. Then the next section will draw some comparison with BRICS. Some concluding remarks are presented in the last section.

Brazilian Science and Technology Policy Strategies

The twenty-first century began with a concern with the strategic issues to put Brazil in the forefront of the world's leading nations with Brazilian policy on Science, Technology and Innovation (ST&I). Taking this as a milestone, the first National Conference of ST&I held in Brasilia in 2001 set an agenda that contributes to transform Brazilian society into a knowledge society (CGEE/MCT/ABC, 2002). Brazil's acknowledged ability to generate highly qualified human resources in areas such as aeronautics and space, telecommunications, energy, oil and petrochemicals, agriculture, health, etc., faces the challenge of transforming this accumulated knowledge into innovation. It is necessary to identify strategic areas that could be developed to strengthen the national scientific and technological structure and drive it to optimise the result of public and private investments. In recent years some advances have been observed, such as the implementation of the National Strategy for Science and Technology from 2012 to 2015 (MCTIC, 2012), which put into practice the main conclusions and guidelines drawn from the debate of the First National Conference of ST&I and subsequent conferences in the following years.

Recognition of Science, Technology and Innovation as the structuring axis of Brazil's development has indicated the need to articulate governmental policies to raise Brazil's development pattern where the basis is public investment (federal and state universities, state-owned enterprises and state institutions for research support/FAPs). This strategy identified challenges, structuring axis, priority and

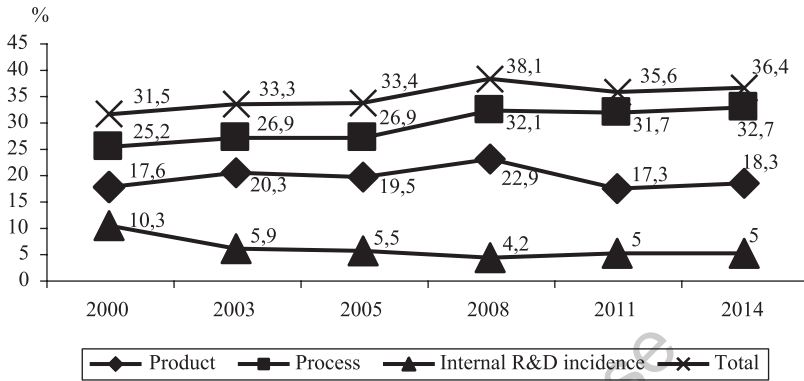
complementary programmes committing approximately US\$ 23.7 billion¹ (MCTIC, 2012). As this policy document observes:

Brazil has the challenge of reducing the scientific and technological gap that still separates Brazil from the more developed nations; The expansion of the consolidation of the Brazilian leadership in the knowledge economy; The broadening of the bases for environmental sustainability and the development of a low carbon economy; The consolidation of Brazil's new international insertion pattern; Overcoming poverty and reducing social and regional inequalities. (MCTIC, 2012, pp. 33–38)

In accordance with this policy strategy, several programmes have been created, including new funding patterns for S&T development, scientific and technological infrastructure and qualification of human resources with priority in pharmaceuticals and industrial health complexes, oil and gas, industrial defence complexes, aerospace, nuclear, frontiers for innovation (biotechnology, nanotechnology and new materials), green economy (energy, biodiversity, climate change, oceans and coastal areas) and ST&I for social development. Some complementary programmes were also created, such as sustainable agricultural production, water resources, Amazon and the semi-arid, Pantanal and Cerrado programmes. The new National S&T Strategy for the period 2016–2019, in partnership with the scientific community and the productive sector, is currently in force, defining eleven priority areas for the strengthening of the National System of Science, Technology and Innovation to increase competitiveness (MCTIC, 2016). The understanding that knowledge is a key point for a society to evolve is a permanent concern of governments engaged in social welfare and reveals the intention to maintain governmental policies aimed at the organisation and consolidation of the National System of ST&I committed to the long-term vision. As already highlighted, one of the main bottlenecks that Brazil faces in terms of its ST&I system is the transformation of knowledge into innovations. The Innovation Research (Pintec, 2014) carried out by the Brazilian Institute of Geography and Statistics/IBGE showed the status of innovation driven by companies in Brazil. While there is an industry interest in acquiring ready-made technologies through the acquisition of capital goods, there is also a concern to generate the country's own technologies through R&D expenditures.

As Graph 1 indicates, the behaviour observed during the period 2000–2014 is of concern because the rates related to the incidence of internal R&D have stabilised. Although the rate in 2000 was 10.3 per cent there was a loss of competitiveness of the industry given the low investment in R&D. When analysing the role of public sector in innovation activities, the participation of universities and research institutes is predominant. With regard to public incentive to industry innovations, public sector has been fundamental, including investment in R&D (programmes and projects) and policy formulation to encourage innovation (laws and guidelines). Public policies allied to private strategies have been used to increase the competitiveness of Brazilian economy, where the investment in private R&D becomes a long-term strategy.

GRAPH 1
Evolution of total innovation rates and internal R&D incidence of industrial companies that implemented product or process innovations in Brazil (2000–2014)



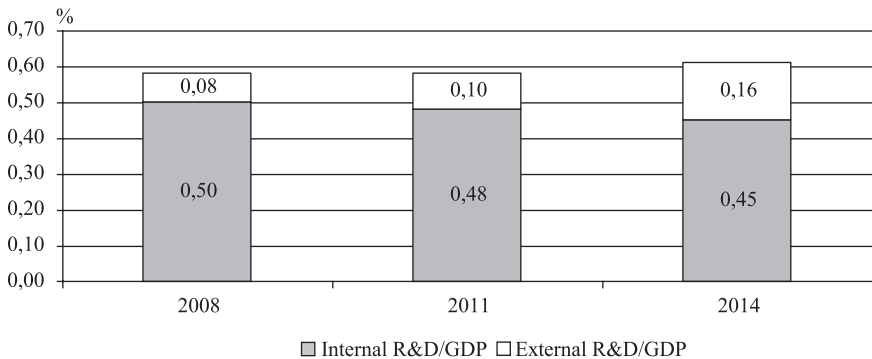
Source: Brazilian Institute of Geography and Statistics/IBGE, Research of Innovation 2014.

Graph 2 above, shows the share in percentage between internal and external expenditures made by companies in selected years.

Other important indicators of Brazilian National S&T System are considered to build a broad vision of this sector in the country.

As seen in Graph 2, although internal R&D expenditures (generated by companies) were higher than external expenditures (acquired from other companies), the behaviour in the period was stable in terms of percentages in relation to the country’s gross domestic product (GDP). The conditions indicate the need of a greater participation of companies in this issue, mainly because there was a reduction of internal R&D expenditures from 0.50 to 0.45 per cent when comparing 2008 and 2014.

GRAPH 2
External and internal R&D expenditures made by companies in relation to GDP (2008–2014)



Source: Technical Note IPEA (2016).

When we explore the issue of human capital and training in academic institutions there is an increase in the number of masters and PhDs of 589.88 per cent between 1994 and 2014. The figure stood at 9708 in 1994 which was increased to 66974 in 2014. (Table 1). This fact reinforces the investment, mainly public, in the training of human resources to improve the development of research in Brazil. The consolidated structure of Brazilian postgraduate programmes also has contributed to this growth. The country also experienced a period of sustained growth in the number of enrolments in higher education institutions and increased the number of scholarships granted to undergraduate students beginning scientific research, stimulating the involvement with its activities. The importance of this result points to the creation of an increasing potential for post-graduation, including grants for research and scholarships. It is important to point the need to create a contingent of researchers in areas more sensitive to innovation, a gap that is being filled by

TABLE 1
Variables of the econometric model (1994–2014)

Period	Number of Published Articles	Number of Post-Graduate Programs	Number of Master (MsC) and Doctor (PhD)	Brazilian Population	Expenditure on Research and Development (R&D) (t - 2)
1994	4,561	1,243	9,708	156,430,949	10,276,486,030
1995	5,298	1,315	11,479	158,874,963	13,620,099,715
1996	6,321	1,209	13,484	161,323,169	20,724,821,051
1997	7,595	1,274	15,542	163,779,827	23,790,794,227
1998	8,911	1,259	16,266	166,252,088	24,763,264,881
1999	9,928	1,363	19,812	168,753,552	26,950,058,646
2000	10,851	1,439	23,139	171,279,882	28,060,025,491
2001	11,487	1,550	26,053	173,808,010	29,556,262,540
2002	12,841	1,683	31,338	176,303,919	36,879,906,582
2003	13,822	1,818	35,743	178,741,412	38,068,775,061
2004	15,962	1,930	34,751	181,105,601	37,388,915,135
2005	16,955	2,057	39,623	183,383,216	37,471,654,582
2006	18,939	2,265	41,627	185,564,212	38,008,770,475
2007	23,400	2,408	42,805	187,641,714	40,839,299,478
2008	28,394	2,567	46,725	189,612,814	42,048,259,362
2009	30,307	2,718	50,156	191,480,630	48,625,813,114
2010	31,992	2,840	50,904	193,252,604	53,430,013,519
2011	34,690	3,128	55,554	194,932,685	52,833,073,032
2012	36,928	3,342	61,050	196,526,293	58,862,619,778
2013	38,402	3,528	66,034	198,043,320	60,112,760,312
2014	39,503	3,678	66,974	199,492,433	61,709,480,766

- Sources:** 1) Published articles: The Web of Science/WoS.
 2) Post-Graduate Programmes.: Coordination for Improvement of the Higher Education/CAPES.
 3) Number of masters (MsC) and doctors (PhD): Coordination for Improvement for Higher Education/CAPES.
 4) Brazilian populations: Brazilian Institute of Geography and Statistics/IBGE.
 5) Expenditure on R&D: Ministry of Science, Technology, Innovation and Communications/MCTIC.

federal government's 'Science without Borders Program', which has sent almost 100,000 students abroad for training to major universities worldwide.

The growth in the number of higher education institutions in that period accompanied the increase in the number of enrollments, reinforcing the strategy of creating an infrastructure for the training of human resources with potential for scientific and technological research. There is an incidence of a greater number of private higher education institutions compared to public institutions, which are concentrated in some federal and state universities and public research centres, where research is much more prolific.

Regarding the patents there has been an increase over time in the number of Brazilian patents granted in the United States Patent and Trademark Office (USPTO), from 98 in 2005 to 362 in 2014. The number is encouraging considering a behaviour that may indicate an increase in Brazil's economy innovative capacity. On the other hand, there is a concern about the low absolute number of total patents (2,022 in 10 years). As a better indicator for Brazilian innovation, the analysis should include the number of patents granted internally. There was a registration of 18,486 patents in 2005, reaching 30,435 in 2014, according to data from the National Institute of Industrial Property (INPI). In general, the country has increased the number of patents, but there is a need to intensify innovation activities to increase its global participation.

This article examines the determinants of scientific production in Brazil in the period from 1994 to 2014 to identify variables that have strongly influenced its generation. It is not intended to present an analysis of Brazilian scientific production indicators but to determine the main factors that explain such production indicated by the number of articles published in indexed journals, to help policy makers formulate policies for the development of Brazilian science. As a complementary analysis, this article presents a comparison between Brazil and BRICS framework to evaluate Brazilian ST&I pattern when comparing to countries with similar level of development in an acknowledged scheme in the global scenario.

Econometric Analysis of Brazilian Science Production

Methods and Sources

The methodology that was adopted formulated a theoretical model that determines Brazilian scientific production and then, through simulations that have selected variables with high levels of statistical significance, defined an econometric model that measures the influence of determinant variables of scientific production. Many studies using the econometric approach have been conducted in order to understand the relations of the variables that affect R&D and scientific production (see Castellani, Montresor, Schubert & Vezzani 2015; Pilinkiené, 2015).

While there are no direct measures of new knowledge, previous studies have used a variety of proxies. The most commonly used proxies are publications and citations (Geuna & Crespi, 2008, pp. 565–579). For the present study, we used variable in the econometric model such as the number of published articles as

a proxy of scientific production. We performed statistical tests (Student's *t*-test, *F*-Snedecor and Durbin–Watson) as well as statistical analysis (heteroscedasticity, homoscedasticity and correlation matrix) to evaluate consistency levels to validate the model. We employ the least squares method to obtain estimated parameters of the studied population from observed data. The regressions were designed to evaluate the relationship between dependent and independent variables. Table 1 shows those variables that were selected to form the econometric model after simulations were conducted. The analysis covered the period between 1994 and 2014.

In addition to the explained variable (published articles), which is representative of scientific production, two of the four explanatory variables were included in the scientific and academic fields (number of postgraduate programmes and number of masters and doctors), one from the demographic field (Brazilian population) and the other from the economics field (expenditure on R&D).

Econometric Results and Discussion

The econometric results show that the model that was formulated to represent Brazilian scientific production is statistically significant at 95 per cent. Our analysis of the coefficient of multiple determination (R^2) shows that 99.18 per cent of the variations observed in published scientific papers are explained by variations that were observed in the independent variables. Table 2 shows the econometric results after running the regressions.

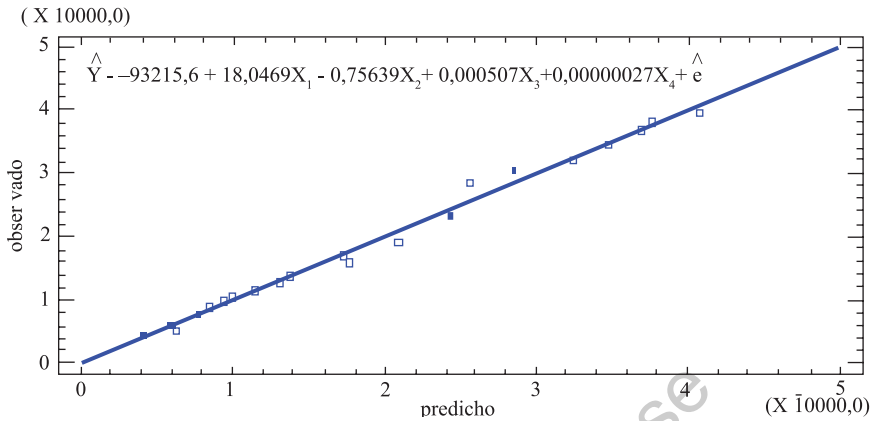
This result highlights the good fit of the model. In short, the number of postgraduate programmes, the number of masters and doctors, Brazilian population and the expenditures on R&D are linearly correlated with the evolution of published articles in Brazil for the studied period. Figure 1 shows the fit of the observed data to the regression model. The straight line denotes the curve generated by the regression production function, and dots denote the dataset (observed). The model was found to be statistically significant.

TABLE 2
Econometric result output

ANOVA						
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F significance</i>	
Regression	4	2814411772	703602943.1	483.5212936	1.83483E-16	
Residual	16	23282629.41	1455164.338			
Total	20	2837694402				
95% confidence interval						
	<i>coeficients</i>	<i>standart error</i>	<i>t stat.</i>	<i>p-value</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>
Intercept	-93215.6066	24498.81081	-3.804903323	0.001556547	-145150.7538	-41280.45952
PG_Progr.	18.0468744	2.120211896	8.511825863	2.45792E-07	13.55222703	22.54152187
MsC and PhD	-0.75638971	0.203641226	-3.714325045	0.001884488	-1.188089723	-0.324689689
Population	0.00050789	0.000156494	3.24539122	0.005069941	0.000176132	0.000839639
Expend. R&D	2.7464E-07	1.01755E-07	2.699038723	0.015803085	5.89295E-08	4.90349E-07

Source: Generated by statgraphics software.

FIGURE 1
Model Adjustment at 95 Per Cent Confidence



Source: Generated by statgraphics software.

Strong adjustment was confirmed through an F Snedecor test, which yielded a calculated value of 483.52, a result that is higher than the standard value of 3.01. This result indicates that overall, the independent variables explain the dependent variable. To examine isolated effects of each independent variable on the dependent variable (partial individual regressions), Student's t -test was conducted. According to the regression results, all of the variables are statistically significant with 95 per cent confidence, as all calculated values are higher than 2.120. To support the results of the t -test, we used the p -value. Statistically, ' p -values' of less than 0.05 denote a strong correlation (Gujarati, 2000). The p -values in this study confirm the results of the t statistical analysis. We also performed an elasticity analysis to determine the sensitivity of quantitative variables of the linear econometric model. The results reveal inelastic behaviours in three of the four coefficients, denoting that changes in the number of published articles are proportionately less significant than changes observed in the number of postgraduate programmes, in the number of masters and doctors and in R&D spending. The explained variable proved to be less sensitive. This inelasticity, however, did not compromise the explanatory power of the independent variables as they exhibit high explanatory power regarding the behaviour of the number of published articles representing Brazilian scientific production. The only variable that showed elastic behaviour was the Brazilian population, which generated a coefficient of elasticity of higher than 1. This coefficient shows that the number of published articles is highly sensitive to this variable.

Empirical Analysis and Discussion on Results

As shown through our analysis of the regression results with 95 per cent confidence, the model explains behaviours observed in relation to the number of published articles in Brazil between 1994 and 2014. As the series on article publication

represents Brazilian scientific production, the econometric model can identify which variables explain production patterns. Through our validation of the econometric model, we are able to draw conclusions that help us understand environments surrounding the processes of knowledge generation in Brazil through the publication of scientific articles and to propose ways to orient the Brazilian science system towards increased production.

Number of Postgraduate Programmes

The number of postgraduate programmes was influenced heavily by the number of published articles for the period, showing that the organisation of knowledge production processes for related areas involves a highly productive scheme. This format has allowed for the social organisation of researchers and scientists employed mainly at public universities, concentrating the brightest minds of respective areas of knowledge in one place and enhancing knowledge production mechanisms. Postgraduate programmes and their respective areas of research specialty are environments in which researchers with their skills and interests engage in joint, integrated and convergent activities, in turn collectively producing knowledge (Bernardino & Alentejo, 2014). These are true centres of knowledge production, and due to their high levels of productivity, they are also centres of excellence that publish scientific articles.

Our finding that these programmes have the greatest influence on scientific production can guide policy makers' decisions. Based on this argument, investments made to improve academic infrastructure, develop researcher abilities, strengthen research funding mechanisms, and increase research incentives (grants/productivity grants) among others constitute strategic actions that should be geared towards the strengthening of Brazilian postgraduate programmes to accelerate national scientific production. With the creation and expansion of postgraduate programmes in Brazil since the 1970s, university research activities have involved strong participation from research groups and postgraduates (Parker, 2011, pp. 26–61), increasing the need for more investment in postgraduate programmes in Brazil. Despite the low sensitivity of this variable due to the coefficient of elasticity (0.11), the high explanatory effect of postgraduate programmes on scientific production warrants attention to this sector, highlighting the need for university activities that support agents that are directly involved in scientific research. In addition, macro-policymakers (Ministry of S&T,I; Secretariats of State; national, state and local funding agencies) must help other system agents strengthen Brazilian postgraduate programmes in science. Such investment should follow two paths. First, investments should be made by universities, whereby the strengthening of less structured programmes that require more institutional support should guide institutional policies. Second, government agencies (municipal, state and federal) should formulate policies that strengthen universities and the postgraduate system as a whole.

Unequal distribution strategies of financial resources must be employed in public universities with a less pronounced tradition of research excellence. Federal and state incentives must be applied depending on levels of administrative dependence.

In regard to the private sector, institutions themselves must promote incentives for research with funds raised through economic activity, promote investment in academic and laboratory infrastructure and train faculty, in turn stimulating the development for research efforts and capacities for innovation. Public administrations can create an environment that is conducive to new investments and that requires the participation of other governmental structures, in the field of education and other fields such as economic planning, infrastructure and financing organisations, to create incentives for private investment in scientific research.

Number of Masters (MsC) and Doctors (PhD)

From our analysis of the number of masters and doctors, we conclude that their influence on the publication of scientific articles relates to their contributions to the postgraduate system. While postgraduate training is not sufficient for the insertion of researchers in scientific research positions, it helps postgraduates become researchers. The actual contingent allocated to scientific research from the number of masters and doctors is lower as new doctors and masters can follow other paths. Part of the new contingent of PhDs, while also engaging in academia, is engaged strictly in teaching activities; some leave the system by performing activities in the nonacademic government sector; others enter the formal non-academic market, and finally, others are driven to work directly for companies (public or private). Therefore, while this group of individuals has the potential to conduct ample research, only some of these individuals are engaged in this activity.

Among masters who are still undergoing research training, some continue their training to complete a PhD while others leave the system or teach, as was observed for graduated doctors. Numerous new masters leave the academic research system, as the private sector of higher education calls for high-quality teaching based on market logics, ascribing the new graduate a key role in the private education production process. Already by 2002, the private sector constituted the main market for Brazilian academic masters, employing 70 per cent of teachers with this title (Soares, 2002). In addition, some masters become PhDs. This may have generated a model specification bias, as the same individuals would have been included in the group of PhDs for subsequent periods. This potential source of duplicity may have overestimated the total number of potential researchers and may explain inconsistencies observed in the variable parameter as shown by our analysis of regression signals.

We therefore found an even smaller contingent of masters who effectively conduct research after graduating. Their academic status as emerging researchers accounts for this. It is known that the role of masters and doctors in the research environment involves contributing to potential research training. Even when understanding that the real contingent of new graduates engaged in scientific research is smaller than the number of potential researchers generated from the Brazilian graduate system, this is an important variable of scientific production to consider. As the regression statistically confirms the high explanatory power of this variable, increasing capacities for research justifies the permanence of the number of

masters and PhDs in our model. The following question arises when evaluating the Brazilian postgraduate system and its capacity to receive new researchers. Does the Brazilian postgraduate system support the absorption of the entire contingent of masters and PhDs in postgraduate programmes to facilitate national scientific production? The absorption of new researchers will involve engagement in research groups, and so it is natural for postgraduate programmes to create competitive minimum conditions for acceptance; this requires improving the physical, laboratory and financial conditions of academic programmes. Thus, this raises the need for more investment in training and/or strengthening of postgraduate programmes by financial resource holders and for new shares to be created by policy makers of academic and scientific policies. This necessitates improving our scientific system and making it more productive.

Brazilian Population

Our analysis of the econometric results for Brazilian population shows that the number of people influences growth in the number of scientific papers through a directly proportional relationship. In principle, as the country's population grows, the number of articles published in Brazil also increases according to the econometric model. It is expected that increasing the population rate should increase the national scientific production when focusing on the influence of the population. However, demographic policies have discouraged population growth globally. This has been a consequential decision given the effects of population growth on various systems with which we are involved. Many scholars have listed population growth as a threat to ecological, social, political and economic well-being (Babones, 2002; Foley et al., 2005; Hodren & Ehrlich, 1974; Jones, 1998; Meadows, Meadows, Randers & Behrens, 1972; Solow, 1956; Vorosmarty et al., 2000), warranting birth control policies and highlighting future uncertainties. This raises concerns regarding the role of Brazilian educational systems and policies considering the observed influence of population growth on scientific production. The following question is thus formulated. What are the issues related to population growth in Brazil, and what, contrary to incentives for population growth in the country, could justify the importance of Brazilian population for scientific production?

The answer lies in the fact that regardless of the size of the population or even the pace of its growth, its contribution to scientific production concerns the existence of people. The inherent logic of this statement centres on the fact that scientific production exists as a result of knowledge generation, which in turn is possible because rationality is involved in this process. Rationality is a human trait and is of course rooted in demographic processes. This underscores the importance of populations for scientific production. In analysing other major knowledge-producing nations that have larger populations and even those with low population indices, we found that in all of them, scientific production is directly dependent on the population's existence and not on the population size or rates of change. Table 3 shows data for publication of scientific articles in 2014 (Reddit, 2014) and population estimates for 2015 (United Nations [UN], 2015) for selected countries.

TABLE 3
Comparison Between Population and Published Articles (Selected Countries)

<i>Country</i>	<i>Population (thousands)</i>	<i>Population ranking (2015)</i>	<i>Published articles</i>	<i>Publication ranking (2015)</i>
USA	321,774	4	310,206	1
Japan	126,573	11	68,308	5
The Netherlands	16,925	67	29,296	13
Brazil	207,848	6	27,808	15
Switzerland	8,299	97	21,372	18

Source: Created by the authors.

From the ranking of published articles for 2015, the selected countries beyond Brazil held the first, fifth, 13th and 18th places. In both cases, for the USA and Japan, which are more populous countries, and for Switzerland and the Netherlands, which are less populous, the total number of articles published in each country was impressive. Brazil with an estimated population of 207,848,000 inhabitants in 2015 also had a good performance with 27,808 published articles, occupying the 15th position. These examples demonstrate that it is not the size of a population or the rate of its change but a country's capacity to generate knowledge that determines a country's global ranking among producers of knowledge. Scientific production is thus influenced by population that researchers are part of and is therefore linked to educational policies that encompass all levels of individual training. This is dependent on long-term public policies that require investment in education systems and that if well managed through well-defined projects can generate positive results in the long run.

Unique are those countries with low population indices such as Switzerland and the Netherlands, which have continually invested heavily in education and which have created strong educational systems and knowledge generation structures. These data lead us to believe that what determines large-scale qualified scientific production is the educational aspect and not the population. Thus, as already expressed by those in charge of this process, there is a need to improve the Brazilian educational system at all levels.

Although Brazil's postgraduate system is quite evolved and structured, it is highly concentrated among a small group of large public universities, strengthening postgraduate and scientific elitism in the country. In addition, lower levels of educational training must be addressed through state policies that strengthen the Brazilian educational system at the earliest levels of individual training (elementary and high school). Policy makers should thus promote a deep restructuring of the country's educational system, and the government should identify gaps and propose solutions to support real changes in Brazilian education.

Expenditures on Research and Development (R&D)

Given that the production of knowledge requires investment to provide support in physical and financial terms, we include expenditures on R&D as a percentage

of the GDP in the econometric model. This variable is considered as an important input of knowledge generation. More than simply representing direct investments in knowledge, this variable is also critical for economic growth through the generation of knowledge that once applied, increases wealth and prosperity through the generation of new technologies. Studies show that R&D spending is highly strategic (Akcaldi & Sismanoglu, 2015; Gonzales-Brambila, Reyes-Gonzales, Veloso & Perez-Angón, 2016; Rosenbloom, Ginther, Juhl & Heppert, 2015; Yan, 2015). We further found that increased R&D spending leads to higher growth rates in the number of citations, which in turn can be explained by an increase in publications. After matching disciplinary citation dates with R&D expenditures, it was found that disciplinary citation growth rates align citations with growth rates in global R&D expenditures, thus providing evidence revealing the impact of R&D expenditures on knowledge production (Yan, 2015, pp. 1–29).

There is a positive relationship between research resources and knowledge production while assessing the publication of scientific articles (Rosenbloom et al., 2015). Inter-regional R&D networks are critical for the production of new knowledge in Europe (Wanzenbock & Piribauer, 2016). It was necessary to use a lag time to demonstrate that effects of investment during period t will be felt in subsequent periods. Therefore, the model is based on a 2-year period so that effects on current knowledge production through the publication of scientific articles are a reflection of investments made two years earlier. Thus, the period considered in the case of R&D spending runs from 1992 to 2012 to the maturity of investments and the generation of published articles. A time lag of one to several years must be considered in studies on knowledge production and other scholars have studied 6- and 7-year periods when examining the publication of scientific articles as a result of R&D spending (Wanzenbock & Piribauer, 2016). However, there is little evidence of any positive effects occurring over two years in the case of publications (Geuna & Crespi, 2008, pp. 565–579). We found that, in this study, a lag time of 2 years best fits the observed data and generates satisfactory econometric results.

Our econometric results confirm the international literature's finding that expenditures on R&D are an important source of scientific production. Intuitively speaking, one might assume that R&D investments increase the number of scientific articles published from research projects. On average, it takes two years for the initial results to be transformed into articles or into other forms of scientific dissemination. In Brazil, R&D spending as a percentage of GDP has increased, confirming a direct relationship between these variables and an increasing number of published articles. When taking a time lag of two years into account, the average growth rate in the number of articles published between 1994 and 2014 was 10.83 per cent, while the average growth in expenditures on R&D for 1992–2012 was 8.91 per cent, revealing a positive effect. Therefore, to support scientific production, higher levels of R&D spending are needed. After calculating the elasticity between these variables, we found that for every 1 per cent increase in R&D spending, there is 0.31 per cent increase in the number of articles published. Despite this low degree of sensitivity, in conjunction with the other variables considered in the model, expenditures on

R&D are critical for further national scientific production. This statement points to the need to formulate investment policies in science, technology and innovation that may encourage scientific production and economic growth in the future.

Brazil's S&T and Comparison with BRICS

In this section we have analysed the participation of Brazil in BRICS-STI perspective. BRICS (Brazil, Russia, India, China and South Africa) is the group of five countries leading the emerging economies, with the exception of Russia, that counts with approximately three billion people, which is around 42 per cent of world's total population of about 7.074 billion, and hold about US\$ 23.386 billion of combined GDP (PPP) of the world, with China on top (US\$ 12.269 billion) followed by India (US\$ 4.793 billion), Russia (US\$ 3.373 billion), Brazil (US\$ 2.365 billion) and South Africa (US\$ 586 million) (Hasan & Luthra, 2014). The importance of BRICS in the global scenario has highlighted the issues surrounding economic growth based on the progress of their R&D systems and have become crucial to their respective societies. Based on the argument that innovations are at the basis of economic growth and hence of the development of nations, the First BRICS Science, Technology and Innovation Ministerial Meeting was held in Cape Town, South Africa in 2014 'to discuss and coordinate positions of mutual interest and identify future directions of institutionalizing cooperation in science, technology and innovation within the framework of BRICS' (BRICS-STI, 2014, p. 1). The transformation of knowledge into wealth and social development is one of the great challenges that BRICS countries have faced, since the particularities that surround their societies range from differences between culture and society to economy and politics. Therefore, the path to be followed must take into account the relations between the state and the respective National Innovation Systems. Thus 'an evolutionary approach has been adopted in order to capture the nature of the state in the respective countries and thus understand the historical and ideological basis for its role in the evolution of the NSI in the five countries' (Cassiolato & Soares, 2012, p. iv). For these authors there is a dichotomy, starting in the 1980s, between market and state-based development goals in developing countries. The following Tables 4–7 show data about important scientific and technological indicators of BRICS.

Overall, BRICS countries have been publishing more along the period of 2008–2014. There is a ratio of 1.93 per 1 in comparison between 2014 and 2008, that is, for each article published in 2008 almost two were published in 2014. It strengthens the significant development observed in the national systems of science of BRICS members, although China has strongly influenced this trend. A comparative analysis between a percentage share of BRICS countries and the Brazilian contribution in the publication of scientific articles shows that Brazil had a good competitive output. The relative participation of Brazil in BRICS total was inferior when compared to China and India but superior when compared to

TABLE 4
Number and percentage share of BRICS countries in publishing research papers 2008–2014

Period	BRASIL			RUSSIA			INDIA			CHINA			SOUTH AFRICA			BRICS TOTAL	
	Published articles	% of Total Brics	% of Published articles	Published articles	% of Total Brics	% of Published articles	Published articles	% of Total Brics	% of Published articles	Published articles	% of Total Brics	% of Published articles	Published articles	% of Total Brics	% of Published articles	Published articles	% of Total Brics
2008	28,394	11.820	14.385	25,671	13.742	13.005	36,520	11.468	18.502	100,324	8.894	50.826	6,480	10.535	3,283	197,389	10.201
2009	30,307	12.617	13.917	26,121	13.983	11,995	38,233	12.006	17,557	116,026	10.286	53,279	7,083	11.515	3,253	217,770	11,255
2010	31,992	13.318	13.554	25,377	13.585	10,751	41,492	13.029	17,579	129,516	11.482	54,871	7,661	12.454	3,246	236,038	12,199
2011	34,690	14.441	12.935	26,862	14.380	10,016	45,361	14.244	16,914	152,351	13.507	56,808	8,921	14.503	3,326	268,185	13,860
2012	36,928	15.373	12.448	26,080	13.961	8,791	47,590	14.944	16,042	176,483	15.646	59,490	9,580	15.574	3,229	296,661	15,332
2013	38,402	15.986	11.357	27,641	14.797	8,175	52,322	16.430	15,474	209,434	18.567	61,939	10,331	16.795	3,055	338,130	17,475
2014	39,503	16.445	10.374	29,051	15.552	7,629	56,944	17.881	14,954	243,832	21.617	64,034	11,456	18.624	3,009	380,786	19,679
TOTAL	240,216	100,000	12.415	186,803	100,000	9,654	318,462	100,000	16,458	1,127,966	100,000	58,294	61,512	100,000	3,179	1,934,959	100,000

Source: The Web of Science (updated on October 13, 2017).

TABLE 5
Research papers published by BRICS countries per selected areas in 2008 and 2014

Subject area	Brazil		Russia		India		China		South Africa		BRICS Total	
	2008	2014	2008	2014	2008	2014	2008	2014	2008	2014	2008	2014
Agricultural Science	820	2,074	205	191	2,113	2,015	1,787	4,512	222	327	5,147	9,119
Astronomy/Astrophysics	437	802	1,253	1,449	660	1,095	1,093	2,036	138	486	3,581	5,868
Biochemistry Molecular Biology	1,230	1,473	999	930	1,567	2,835	5,236	11,852	183	226	9,215	17,316
Chemical Science	470	815	4,995	5,439	7,132	12,517	19,849	46,140	386	757	32,832	65,668
Computer Science	2,243	3,154	297	382	709	1,612	3,613	10,374	92	127	6,954	15,649
Geoscience	238	446	1,033	1,087	657	987	1,544	3,970	171	301	3,643	6,791
Mathematical science	859	1,233	1,876	2,047	1,075	1,606	6,984	14,388	276	499	11,070	19,773
Medical science	6,276	8,476	746	1,010	5,346	7,321	11,101	34,596	1,399	2,236	24,868	53,639
Physical science	2,328	2,909	7,863	8,127	5,211	7,751	18,020	28,883	331	696	33,753	48,366
Psychology	155	352	33	84	45	131	426	1,140	212	332	871	2,039
Social science	2	13	34	70	46	125	260	726	108	305	450	1,239
Total	15,058	21,747	19,334	20,816	24,561	37,995	69,913	158,617	3,518	6,292	132,384	245,467

Source: The Web of Science (updated on October 13, 2017).

TABLE 6
Gross Domestic Expenditure on R&D in BRICS (2008–2014)

<i>(Millions of current PPP)</i>				
	<i>2008/2009</i>	<i>2009/2010</i>	<i>2010/2011</i>	<i>2014</i>
Brazil	22.2	23.4	25.3	35.4
Russia	30.1	33.5	32.8	42.6
India	Na	Na	Na	66.5
China	120.7	154.0	178.2	409.0
South Africa	4.7	4.4	4.0	4.8

Sources: RSA (2013).

For 2014: Brazil (World Bank); Russia (OECD); India (2016 Global R&D Funding); China (National Bureau of Statistics); South Africa (OECD).

TABLE 7
Gross Domestic Expenditure on Research and Development in BRICS
as a Percentage of GDP (2008–2014)

	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>
Brazil	1.129	1.12	1.159	1.141	1.128	1.198	1.168
Russia	1.044	1.252	1.130	1.022	1.046	1.056	1.088
India	0.867	0.845	0.822	0.831	Na	Na	Na
China	1.443	1.252	1.710	1.022	1.046	1.991	2.021
South Africa	0.888	0.835	0.737	0.735	0.735	0.723	Na

Source: World Bank.

Russia and South Africa. Brazil indicated a participation of 12.41 per cent with 240,216 articles, Russia indicated 9.65 per cent with 186,803, India 16.46 per cent with 318,462 articles while China presented the best performance with 58.29 per cent with 1,127,966 articles. South Africa presented a percentage below two digits with only 3.18 per cent of BRICS total with 61,512 published articles. Despite the good performance of Brazil, it is necessary to enhance Brazil's scientific and technological systems by encouraging researchers and institutions via sectorial policies that include the improvement of the infrastructure of the research centres and universities and stimulating the private sector to invest more in innovation. Besides that, it is necessary to increase the percentage of R&D/GDP to finance the knowledge production sector as observed in China.

When comparing the intra-block countries and selected areas, the following situation is observed between 2008 and 2014. Brazil increased 44.42 per cent, Russia increased 7.66 per cent, India increased 54.69 per cent, China increased 126.87 per cent and South Africa increased 78.85 per cent. Overall all countries achieved an exceptional result, particularly China. Brazil's result was mainly due to its robust postgraduate system and an increase in public funding for research, placing the country at the forefront of the major nations that publish scientific articles in spite of being a developing country. The challenge for Brazil is to transform knowledge into new technologies which, despite the increase in R&D investments (Table 6),

still demands mechanisms that promote innovation, such as technological and industrial policies and the insertion of private enterprises in the generation process of innovations.

When analysing R&D investments in the period 2008–2014, it was observed that China not only had the largest amount, but also had the highest growth rate with 238.85 per cent from 2008 to 2014, while Brazil presented 59.45 per cent. Russia performed 51.5 per cent and South Africa indicated only 2.13 per cent. India spent US\$ 66.5 million in 2014, ranking above Brazil, Russia and South Africa. Data as to India's investments for the previous period were not available. These data demonstrate a Chinese aggressive policy of ST&I, especially in the issue of innovation. Brazil needs not only to increase its level of R&D spending, but also to create policies aimed to encourage the participation of private sector in the innovation generation system, such as the recent National Knowledge Platforms Program. In recent years, the country has formulated industrial policies in addition to the incentive for high technological sectors such as information and communication technologies, industrial complex for health, oil and gas, defence, aerospace, nuclear, biotechnology, nanotechnology, green economy and S&T for social development (IPEA, 2015).

In terms of R&D expenditures in relation to GDP, Brazil presented an average rate of 1.15 per cent while Russia presented an average of 1.09 per cent, demonstrating that Brazil invested proportionally more than Russia in the period 2008–2014. India for the period 2008–2011 and South Africa for the period 2008–2013 allocated less (an average of 0.84 and 0.78 respectively) of their GDP. China presented an expressive amount of financial resources and reached an average of 1.49 per cent of its GDP, confirming its aggressive policies of ST&I. In Brazil, the major part of the funds comes from public sources from companies such as Petrobrás, Embraer and Embrapa, or from public research institutes such as INPE, FIOCRUZ, INCA, CETEX, IpqM, DCTA, and Embrapii, a special agency created in 2013, all belonging to the federal government (IPEA, 2015). The country presents a bottleneck because private companies do not invest much in R&D activities, which requires mechanisms to internalise investments in the sector, through fiscal incentives, strategic public policies and the creation of a more stable economic environment for more foreign direct investment/FDI. In general, the analysis of the indicators led to the conclusion that Brazil has a lot to do to reach out its partners, especially China, in terms of the National ST&I system. China has made a great financial and human resources effort, based on the policies devoted to the sector of knowledge and innovations, even considering that a great part of the resources invested comes from public sources. Therefore, in addition to domestic public policies, it is imperative to collaborate internationally with partners who, in general, can contribute positively to the creation of an environment conducive to the generation of new technologies. Not only Brazil, but the other BRICS members will rivalise in a more competitive level in the global arena with nations more evolved economically and technologically which demands more improvements in their National Systems of Innovation.

Conclusions

What motivated this study was the claim that scientific production is central to the goals of a society and country. Given this, we found it necessary to further our understanding of this phenomenon with respect to the stock of knowledge that forms the basis of human development and which is presented as a source of new discoveries. Based on this, we sought to identify the main variables that influence Brazilian scientific production through an econometric study and by designing a model that explains the power of this form of production. We conducted a quantitative regression analysis through which we estimated parameters of variables that shape scientific production. As a way of representing this form of production, we used the variable number of published articles to measure national scientific production for 1994–2014.

Our regression results, which were subjected to a series of tests and statistical analysis, show that the model is statistically significantly and explains Brazilian scientific production. The most significant variables are the number of postgraduate programmes, the number of masters (MSc) and doctors (PhD), the Brazilian population denoted by the number of inhabitants and the expenditures on R&D. The number of postgraduate programmes is the best variable for explaining scientific production for the study period. Therefore, we suggest that these programmes can serve as targeted initiatives aimed at strengthening scientific production through the actions of universities and external factors, such as policy makers of federal, state and municipal agencies. It is also important to encourage the private education sector to participate more actively in educational activities. Policies that stimulate the private sector to conduct research activities to increase national scientific production require the presence of a favorable economic environment, as such institutions have a market vision for their activities.

We also found that the graduation of masters, and especially doctors, enables the formation of a potential quota for research and boosts scientific production. We show that higher education institutions feed Brazil's postgraduate system by contributing to the formation of a potential postgraduate sector quota for the scientific production system, in turn translating into further research potential. The concentration of scientific production among a few public institutions highlights the importance of policies that strengthen all other institutions in the public sector. Furthermore, educational policies must focus on the private education sector to stimulate postgraduate investment and consequently, the potential for scientific production. In the future, it is expected that an increasing number of new MsCs and especially PhDs will become engaged in scientific research and will contribute to scientific production in Brazil in the presence of stronger postgraduate programmes.

The only exogenous variable that showed statistical significant power in explaining scientific production was the Brazilian population as measured as the number of inhabitants. From this analysis, we draw conclusions on the supply of new scholars who, after completing postgraduate training, can carry out research and contribute to scientific production in Brazil. As this is not dependent of population

size or on the rate of population growth, the importance of the population lies in its existence rather than in its quantity. To optimise scientific production based on the Brazilian population, it is necessary to change the Brazilian educational system, and a long-term perspective must be employed to achieve desired levels of quality education in the country.

We also highlight the importance of R&D spending. Despite its endogenous characteristics, because it was included in the S&T system in this study, R&D spending was considered as an economic variable. The literature points to its fundamental role to knowledge generation process.

These results are interesting due to Brazil's importance at a global level and this importance is strengthened when considering that the country is a member of BRICS, a multilateral block that aggregates five important developing economies and therefore requires national policies to be convergent to a process of cooperation that transforms knowledge into wealth and place these countries in a more competitive condition when facing developed economies. This challenge is not easy because there are asymmetries due to remarkable differences among these countries in the respective National Systems of Innovation. China is an example of BRICS which confirms that aggressive policies linked to a high level of investments in ST&I is the key factor to reaching a new pattern of development and international recognition, demonstrating that strategic decisions towards an agenda which aims at the local potentiality and foreign experiences should be implemented. Therefore, Brazil needs to improve its NSI mainly with the participation of the private sector in R&D activities, which requires policies that encourage the private investment in a more favorable environment to new inversions in the long run. As the major part of the investment in R&D comes from the public sector, it is strategic to convert private resources into knowledge to consolidate the potential for innovation.

The Brazilian structure of knowledge is well developed but there is a gap when analysing it for innovation. The Brazilian NSI must operate to improve this important part of the system and, therefore, conquer a new level in the global context of nations with a higher level of development and a new position in the frontier of knowledge and technology. Finally, we expect that this study will offer a stronger understanding of conditions of scientific production in Brazil while also highlighting ways of promoting improvements to knowledge generation system and the conversion of that into innovations to benefit Brazilian society.

NOTE

1. US\$ 1.00 = R\$ 3.1416 (30 August 2017).

REFERENCES

- Akcaldi, B. Y., & Sismanoglu, E. (2015). Innovation and the effect of research and development (R&D): Expenditure on growth in some developing and developed countries. *Elsevier. Procedia Social and Behavioral Sciences*, 195, 768–775. doi:10.1016/j.sbspro.2015.06.474

- Almeida, J. A. S., Pais, A. A. C. C., & Formosinho, S.J. (2009). Science indicators and science patterns in Europe. *Journal of Informetrics*, 3(2), 134–142. doi:10.1016/j.joi.2009.01.001
- Arora, Ashish, David, Paul A., & Gambardella, A. (1988). Reputation and competence in publicly funded science: Estimating the effects on research group productivity. *Annales d'économie et de statistique*, 49/50, 163–198.
- Babones, S. J. (2002). Population and sample selection effects in measuring international income inequality. *Journal of World-Systems Research*, VIII(1), 8–28.
- Balbachevsky, Elizabeth. (2009). A pós-graduação no Brasil: novos desafios para uma política bem sucedida. Retrieved 22 November 2016, from <https://www.researchgate.net/publication/237073967>
- Bernardino, M. C. R., & Alentejo, E. S. (2014). Ranking da produção científica dos programas de pós-graduação em ciência da informação no Brasil. *Brazilian Journal of Information Science-Research trends*, 8(1).
- BRICS-STI. (2014, February). *First BRICS Science, Technology and Innovation. Ministerial meeting: Cape Town declaration*. Cape Town.
- Cassiolato, J. E., & Soares, M. C. C. (2012). *The state and the national system of innovation: A comparative analysis of the BRICS economies*. New Delhi: Routledge.
- . (Eds). (2013). Introduction: BRICS National Systems of Innovation. In *The Role of the State*. London: Routledge.
- Castellani, D., Montresor, S., Schubert, T., & Vezzani, A. (2015). Multinationality, R&D and productivity: Evidence from the top R&D investors worldwide. *International Business Review*, 26(3), 405–416.
- CGEE/MCT/ABC. (2002). *Parcerias estratégicas. Edição Especial, v.1, n.14 (junho de 2002)*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos/Ministério de Ciência e Tecnologia/Academia Brasileira de Ciências/CGEE/MCT/ABC: Brasília.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenters, S. R., ... Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309, 570–574. doi:10.1126/science.1111772.
- Geuna, A., & Crespi, G. A. (2008). An empirical study of scientific production: A cross country analysis, 1981–2002. Elsevier. *Research Policy*, 37, 565–579.
- Gonzales-Brambila, C. N., Reyes-Gonzales, L., Veloso, F., & Perez-Angón, M. A. (2016). The scientific impact of developing nations. *PLoS One*, 11(3), e0151328. doi:10.1371/journal.pone.0151328.
- Gujarati, Damodar N. (2000). *Basic econometrics*. São Paulo: Pearson Education do Brasil.
- Hasan, S. A., & Luthra, R. (2014). Comparative performance of India with other BRICS countries in publishing science and engineering research papers. *Current Science*, 106(12), 1654–1657.
- IPEA. (2015). *Towards a long-term strategy for BRICS: A proposal by the BRICS (Think Tanks Council/BRICS)*. Institute of Economic and Applied Research, Brasília. 184p.
- . (2016). *Inovação no Brasil: crescimento marginal no período recente (Nota Técnica n. 34)*. Institute of Economic and Applied Research, Brasília.
- Jessop, B. (2000). *The state and the contradictions of the knowledge-driven economy (Knowledge, Space, Economy, pp. 63–78)*. London, UK: Routledge.
- Jones, C. I. (1998). *Introduction to economic growth*. New York/ USA: W.W. Norton & Company, Inc.
- MCTIC. (2012). *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: 2012–2015 (Balanço das atividades estruturantes 2011)*. Ministry of Science, Technology, Innovations and Communications/ MCTIC, Brasília.
- . (2016). *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: 2016–2019*. Ministry of Science, Technology, Innovations and Communications/MCTIC, Brasília.
- Meadows, H. M., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W., III (1972). *The limits to growth*. New York/ USA: Potomac Associates Book.
- Motta e Albuquerque, E. (2004). Ideias Fundadoras: Christopher Freeman - The 'National System of Innovation' in Historical Perspective. *Revista Brasileira de Inovação*, 3(1), 9–13.
- Nature Index. (2015). Retrieved 25 March 2016, from <https://www.natureindex.com/annual-tables/2015/country/all>
- Parker, A. L. (2011). *Os periódicos brasileiros e a comunicação da pesquisa nacional (Revista USP, no. 89, pp. 26–61)*. São Paulo.
- Pilinkienė, V. (2015). R&D investment and competitiveness in the Baltic states. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 213, 154–160.

- Pintec. (2014). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE (2016). Pesquisa de inovação: 2014. Coordenação de Indústria. Rio de Janeiro.
- Reddit. (2014). Top 40 countries by the number of scientific papers published. Retrieved 22 August 2017, from <https://www.reddit.com>
- Rosenbloom, J. L., Ginther D. K., Juhl, T., & Heppert, J. A. (2015). The effects of research and development funding on scientific productivity: Academic chemistry, 1990–2009. *PloS One*, 10(9), e0138176. doi:10.1371/journal.pone.0138176.
- RSA. (2013). *National survey of research and experimental development: 2010/11—Fiscal year: Main results*. Pretoria: Department of Science and Technology.
- Soares, M. S. A. (2002). A educação superior no Brasil. IESALC/UNESCO. Porto Alegre, Brazil.
- Solow, R.M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65–94.
- Tian, Y., Wen, C., & Hong, S. (2008). Global scientific production on GIS research by bibliometric analysis from 1997 to 2006. *Journal of Informetrics*, 2, 65–74. doi:10.1016/j.joi.2007.10.001
- United Nations (UN). (2015). *World population prospects*. The 2015 revision. New York. Retrieved 6 October 2016, from https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf
- Wanzenbock, I., & Piribauer, P. (2016). *R&D networks and regional knowledge production in Europe: Evidence from a space-time model* (Vienna University of Economics and Business. Department of Economics Working Paper No. 207). doi:10.1111/pirs.12236
- Yan, E. (2015). Disciplinary knowledge production and diffusion in science. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67(9), 1–29.

IV - DISCUSSÃO

Esse estudo propôs a formulação de um modelo que pudesse considerar todas as variáveis que, teoricamente, determinariam a produção científica brasileira. Em princípio, a produção científica representada no modelo pelo número de artigos publicados estaria no período abordado, sob a influência de fatores demográficos, econômicos, sociais, tecnológicos e científico-acadêmicos. O estudo partiu do princípio de que a produção científica não é fruto, único e exclusivo, de atividades desenvolvidas somente no âmbito científico, onde somente o caráter endógeno das variáveis deste campo estaria influenciando a produção e a produtividade de pesquisadores e instituições de pesquisa. Esta afirmação está relacionada à ideia de que fatores exógenos podem ser também determinantes da produção científica.

A noção de um caráter exógeno do processo de geração do conhecimento está assentada na ideia de que a estrutura de uma sociedade em seus vários aspectos (sociais, econômicos, políticos, científicos, tecnológicos, culturais entre outros) forja as condições para que setores não diretamente ligados a outros exerçam alguma influência quando se analisa o comportamento de variáveis que, em um primeiro momento, não se correlacionam. A sociedade se comporta como um organismo complexo e depende de suas estruturas e sub-estruturas para se desenvolver e evoluir. Esta visão sistêmica se coaduna com a tese de que sistemas vivos, incluindo a sociedade, só estão em movimento porque existe uma complexa estrutura de relações entre sistemas e sub-sistemas autônomos, mas dependentes uns dos outros (VON BERTALANFFY, 1972).

Como o objetivo geral deste trabalho foi identificar aquelas variáveis que melhor expliquem o comportamento da produção científica nacional, partiu-se do pressuposto de que o ambiente econômico é crucial nos processos de produção, incluindo a produção do conhecimento, que requer fontes de recursos não só materiais e humanos, mas também financeiros que, inclusive, reforçam os dois primeiros. Com isso, em termos teóricos, a conjuntura econômica teria um reflexo sobre o processo de geração do conhecimento pois esperava-se que problemas ou turbulências econômicas do período teriam algum reflexo sobre a produção científica brasileira, que é entendida como a materialização de novos conhecimentos por meio da sua ampla divulgação, principalmente em revistas especializadas.

Dado que como ponto teórico de partida, a questão econômica seria importante para a sociedade no aspecto da produção do conhecimento, tornou-se importante a compreensão do fenômeno das crises, que têm forte impacto nas condições econômicas. Assim, o entendimento das crises econômicas necessariamente passa pela compreensão dos ciclos econômicos. A teoria econômica explica que a crise é um momento de um ciclo. Cada ciclo é formado por duas fases que seguem a seguinte ordem: fase de expansão (crescimento do PIB) com posterior momento de crise (pico do ciclo); fase de recessão (retração do PIB) com posterior momento de depressão (fundo do poço do ciclo). Ao se findar um ciclo se inicia outro na mesma ordem anterior, porém com novas expectativas em um contexto renovado. Estas fases de expansão e recessão identificam os ciclos econômicos que segundo Parkin (2009) “é o movimento oscilante, para cima e para baixo, periódico, mas irregular, da produção¹”

O pensador austríaco Joseph Alois Schumpeter (1883-1950), um dos maiores economistas do século XX, considerava que as crises são reflexos da destruição-criadora oriunda da introdução de inovações no sistema econômico. Ele identificou três tipos de ciclos: os de longa duração ou de Kondratieff (54 a 60 anos); os de curta duração ou de Juglar (9 a 10 anos); e os ciclos de Kitchin (40 meses) (MORICCHI e GONÇALVES, 1994). Para Quintela e Dias (2002), “Schumpeter revoluciona a concepção da ciência econômica ao admitir o fenômeno da inovação como o principal *drive* do capitalismo: cada ciclo, ou onda, era único, devido a uma variedade de inovações técnicas que carregava”. E acrescentam que “a partir da visão do progresso científico expressa por Kuhn (1962), Dosi (1982) estendeu o conceito de paradigma ao campo da tecnologia”.

Cabe ao governo intervir no sistema econômico para que se possa, a partir de políticas econômicas, quebrar o ciclo e evitar que ele se complete. As políticas governamentais, então, trabalham para reverter a trajetória do ciclo e garantir que a fase de expansão se prolongue.

A realidade tem nos ensinado que as crises econômicas, apesar de corresponderem ao prenúncio de um período de queda da atividade econômica (recessão), são por outro lado, o momento propício para a criação e a inovação e que propiciam, aliado às políticas governamentais, a retomada do crescimento econômico.

¹ É a variação no Produto Interno Bruto/PIB que identifica a expansão e a retração da economia.

Os agentes econômicos orientados pelas políticas governamentais movimentam-se em direção às soluções disponíveis para viabilizar uma nova fase de crescimento econômico.

Uma variável qualitativa, por suas características, não permite a geração de gráficos que mostrem a evolução temporal, como acontece com as variáveis quantitativas e a influência de uma variável qualitativa deve ser medida pelo efeito que exerce sobre a variável explicada. Tendo como pano de fundo esta explicação, foram identificadas as seguintes crises econômicas que impactaram a economia brasileira durante o período em estudo e se revelaram importantes para explicar o comportamento da produção científica.

- Crise do México (1995),
- Crise Asiática (1997-1998),
- Crise da Rússia (1998);
- Crise Argentina (2001),
- O atentado de 11 de Setembro nos EUA (2001),
- Crise do “apagão” (2011) e,
- A atual crise (a partir de 2013) como consequência da crise financeira de 2008 nos EUA.

De todas as crises mencionadas, a única que teve origem interna foi a crise do “apagão” em 2011. Todas as outras foram de origem externa e seus efeitos na economia doméstica são explicados pelo contexto da globalização que tornou as economias interligadas e interdependentes.

Os resultados econométricos, porém, esporam a insignificância estatística da variável “crises econômicas” que foi utilizada ao modelo como variável binária (*dummy*), onde o “1” representaria a existência de crise e o “0” representaria a sua ausência. O resultado da estatística “t” de *Student* para essa variável apresentou valor de |2,075|, menor que o valor tabelado de 2,120. Portanto, a 95% de confiança, esta variável, estatisticamente, tem pouca influência sobre o comportamento do número de artigos publicados. O valor “p” para esta variável foi de 0,055584787, superior a 0,05, o que confirmou o resultado da estatística “t”.

Com isso, houve a decisão de descartar esta variável. Teoricamente, por outro lado, há uma incoerente aparência de que uma variável econômica não teria influência sobre a produção científica, pois estamos considerando o paradigma técnico-

econômico como vigente. Esse paradigma, que alia a questão tecnológica com a questão econômica, parece sugerir que o contexto econômico teria alguma influência sobre a geração do conhecimento e a sua aplicação. O resultado econométrico, então, se apresenta teoricamente, pelo menos no curto prazo, incoerente com essa afirmação.

Considerações sobre a exclusão da variável qualitativa “crises econômicas”

O resultado econométrico serviu para demonstrar que as crises econômicas no curto prazo não interferem ou alteram o processo de publicação de artigos científicos. Tinha-se, em princípio, a partir da identificação do modelo teórico-matemático, uma percepção de que flutuações econômicas poderiam influenciar de maneira mais direta, o comportamento da produção científica brasileira. Porém, como demonstrado, isso não foi confirmado.

O conhecimento é uma riqueza intangível gerada por esquemas mentais ou processos produtivos intelectuais que, mesmo apoiados por estruturas físicas (laboratórios, equipamentos e materiais), estão distantes, pelo menos no curto prazo, do instável ambiente econômico. Os resultados esperados da investigação científica levam tempo para serem alcançados, ou seja, mesmo vivendo momentos de crise econômica, a atividade de pesquisa continua sendo exercida ao mesmo tempo em que os governos atuam com políticas para combater esses períodos de instabilidade.

O país conta, atualmente, com uma estrutura técnico-científica bastante desenvolvida e as crises econômicas que eclodiram no período do estudo não foram suficientes para prejudicar o desempenho das publicações brasileiras, pois não houve tempo suficiente para que as consequências das crises atingissem o sistema de produção do conhecimento. A produção científica nacional gerada não dependeu diretamente de resultados econômicos (variação do PIB) que são fortemente influenciados pelas crises econômicas, mas de gastos em infraestrutura como montagem de laboratórios, aquisição de equipamentos, formação de recursos humanos e aquisição de insumos, elementos que já estavam presentes na robusta estrutura técnico-científica brasileira.

A boa infraestrutura de C&T criada no Brasil nas últimas décadas permitiu formar uma base técnico-científica de alto nível e de forte resiliência nos momentos de crises econômicas. Tolentinio e Rapini (2016) afirmam que “no Brasil o processo de industrialização e construção de capacidades nacionais contou desde o início com o fomento à criação e ao desenvolvimento de uma infraestrutura de C&T”. As fases de prosperidade econômica vividas pelo país em períodos anteriores foram transformadas em políticas para o setor. Esse fato reforça a argumentação de que o aspecto econômico teria influência no processo de geração do conhecimento em uma perspectiva temporal mais longa. Além disso, a ocorrência das crises e os seus efeitos sobre o sistema de C&T são neutralizados quando o governo intervém na economia para desestabilizar o ciclo econômico. Os agentes são orientados pelas políticas governamentais para a recuperação econômica e, portanto, não há tempo suficiente no curto prazo para que as crises possam afetar o desempenho da produção científica. Tais efeitos só seriam sentidos caso houvesse a continuidade do ciclo econômico considerando prazos mais longos.

O amadurecimento da ciência brasileira observado nos dias de hoje se deu por meio dos investimentos a partir da prosperidade econômica observada no período do milagre econômico dos anos 70. Dahlman e Frischtak *apud* Tolentinio e Rapini (2016) afirmam que no âmbito da infraestrutura de C&T do período houve a “formalização da infraestrutura em ciência e tecnologia e de esforços de definição de políticas científicas e tecnológicas e de construção de instituições”.

A criação das agências de fomento como o CNPq (1951) e a CAPES (1951), além da organização da comunidade científica por meio de associações como a Academia Brasileira de Ciências/ABC (1916) e a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência/SBPC (1948), foram eventos marcantes para a estruturação da ciência brasileira e contribuíram para o fortalecimento do setor acadêmico nacional (VELHO, 1996). A trajetória de crescimento econômico ocorrida na década de 70 consolidou o papel da comunidade científica brasileira a partir de suas agências e do reconhecimento da C&T para o desenvolvimento nacional.

A constatação de que as crises econômicas têm influência sobre a produção científica brasileira somente no longo prazo é importante para determinar o caráter endógeno do processo de produção científica, pois fatores internos do campo

acadêmico-científico são determinantes para garantir a continuidade da produção do conhecimento mesmo em momentos econômicos instáveis. O modelo econométrico veio confirmar esta constatação, dado a forte influência das variáveis “programas de pós-graduação” e “formação em pós-graduação”, integrantes do campo científico-acadêmico.

Foi necessário identificar uma variável de caráter monetário que exercesse alguma influência sobre a produção científica e que substituísse as variáveis econômicas no modelo, pois a inclusão de uma com características essencialmente econômicas se justifica quando consideramos o paradigma técnico-econômico consagrado no contexto da atual globalização e na consolidação do capitalismo como sistema hegemônico. Para atender esse critério foi incluída a variável “gastos em P&D”. O manual Frascati da OECD define que P&D compreende o trabalho criativo realizado em uma base sistemática com o objetivo de aumentar o estoque de conhecimento disponível, inclusive o conhecimento científico e tecnológico (JENSEN, MENEZES-FILHO e SBRAGIA, 2004). Assim, os gastos com P&D, de caráter financeiro, assumem no modelo características econômicas, pois a oferta de recursos para o sistema de C&T&I está condicionada à conjuntura econômica, tanto na esfera pública por meio do orçamento dos governos, quanto na esfera privada, a partir do lucro obtido pelas empresas e que podem se converter em inversões em P&D. Os excedentes, portanto, representam uma oferta para investimentos na área de C&T&I e o seu volume é consequência do ambiente econômico ao qual estão inseridos os agentes do sistema de C&T&I.

Os resultados demonstraram que além da variável explicada (artigos publicados), representativa da produção científica, foram selecionadas quatro variáveis explicativas quantitativas. Das quatro variáveis explicativas três estão inseridas no campo científico-acadêmico e uma como variável demográfica. Os “gastos em P&D” assumiram o papel de variável econômica, dado o seu caráter financeiro e, portanto, vinculado à natureza econômica. Como as variáveis PIB, PIB per capita e crises econômicas se mostraram estatisticamente insignificantes, se fez necessário a inclusão de uma variável com características econômicas para consolidação do modelo proposto.

Após a identificação das principais variáveis explicativas, a presente discussão partiu do pressuposto de que o comportamento da série sobre a publicação de artigos publicados, representativa da produção científica brasileira, passa a ser explicada pelas variáveis do modelo econométrico validado. Como observado na análise econométrica, as variáveis “programas de pós-graduação”, “formação em pós-graduação”, “população brasileira” e “gastos em P&D” apresentaram alto poder de explicação do comportamento do “número de artigos publicados”, ou seja, da produção científica brasileira.

O entendimento de Bernardino e Alentejo (2014) de que “a partir da criação e posterior dimensionamento da pós-graduação no Brasil, aproximadamente após a década de 1970, as atividades de pesquisa no âmbito da universidade é evidenciada pela forte atuação nos grupos de pesquisa e na pós-graduação”, fortalece a necessidade de mais investimentos nos programas de pós-graduação no Brasil.

Estes programas com suas linhas de pesquisa são ambientes em que pesquisadores com suas competências e interesses exercem atividades conjuntas, integradas e convergentes, produzindo coletivamente o conhecimento (SEVERINO, 2009). São verdadeiros centros produtores de conhecimento e, devido à alta produtividade, são centros de excelência que publicam artigos científicos.

As universidades e os institutos públicos, sobretudo federais, concentram a maior parte dos programas com alto nível de qualidade e agrupam pesquisadores altamente produtivos. A forte concentração em poucas universidades suscita maiores investimentos em programas com pouca participação na produção científica, principalmente aqueles localizados em instituições sem tradição em pesquisa no âmbito nacional, o que poderia acarretar uma melhor distribuição dessa produção. Ações devem focar não só as diferenças regionais, mas, também, as diferenças observadas nas unidades da federação que, dependendo da unidade, contam com algumas instituições com baixo e outras com alto nível de produtividade, dependendo da área do conhecimento. Martins (2000) ressaltou a importância da pós-graduação na esfera pública reforçando a ideia de que ela fortaleceu a atividade de pesquisa no interior de algumas universidades, a maioria no âmbito federal e estadual.

A titulação de mestres e principalmente doutores, revela-se uma fonte para a formação de um contingente potencial para a pesquisa e, portanto, para o aumento da produção científica. Pela estratificação observada nas universidades brasileiras, parte deste contingente não é absorvida nas atividades de investigação e há, também, o direcionamento de outra parte para fora do sistema de produção científica, embora ainda no setor acadêmico, sobretudo privado. Assim, reforça-se a necessidade de fortalecimento dos programas de pós-graduação que poderão aumentar a oferta de vagas para novos pesquisadores em ambientes melhor estruturados. Para Balbachevsky (2005) há um pequeno número de universidades em que a pesquisa é uma atividade institucionalizada e permanente e por oferecerem um fértil ambiente para a pesquisa, absorvem os melhores professores e pesquisadores e conseguem captar com menos dificuldades recursos financeiros para as atividades de pesquisa.

Com programas fortes e bem equipados, há um estímulo para o ingresso na carreira de pesquisa dos recém-titulados, tanto os que concluem o mestrado e seguem o doutoramento, quando os recém-doutores, que permanecerão em seus laboratórios engajados nas atividades de investigação. De acordo com Velloso (2003) há áreas em que expressivas proporções de mestres estão fora da universidade e nem estarão envolvidos em qualquer outra atividade acadêmica. Com o fortalecimento dos programas de pós-graduação espera-se, no futuro, que contingentes crescentes ingressem na pós-graduação. Neste contexto, novos mestres e, principalmente, doutores estarão engajados na pesquisa científica e contribuirão para o aumento da produção científica do país.

Além disso, o setor educacional privado precisa ser estimulado, pois suas atividades são voltadas quase que exclusivamente para o ensino e não para a pesquisa. Uma política de estímulo ao setor privado na condução de atividades de pesquisa para o incremento da produção científica nacional requer um ambiente econômico favorável, já que estas instituições têm uma visão mercadológica de suas atividades. Balbachevsky (2005) afirma que “já em 2002, o setor privado se constituía no principal mercado acadêmico para os mestres brasileiros, empregando 70% dos professores com este título”.

No Brasil, as poucas instituições públicas federais e estaduais têm a incumbência de gerar a grande parte da produção científica nacional. À medida que

novos empreendimentos privados são abertos por estímulos mercadológicos, proporcionalmente menor é a produção científica quando comparada ao total das instituições de ensino e pesquisa. Houve uma estabilização do número de instituições públicas que realizam pesquisa e um *boom* no número de instituições privadas de ensino superior, principalmente em finais dos anos 90 e início do novo século. A demanda crescente por mestres e doutores pelo setor privado é explicado, conforme Velloso (2004), pelas inovações decorrentes da reformulação de políticas para o ensino superior no Brasil, como o Exame Nacional de Cursos e o ENADE que têm como forte critério para uma boa avaliação institucional a titulação dos docentes, além da própria expansão do sistema, que geraram um aumento da demanda por mestres e doutores no setor privado em detrimento à uma predominância de docentes graduados e especialistas.

A concentração da produção científica em poucas instituições públicas eleva a importância de políticas voltadas para o fortalecimento não só das instituições do setor público, como também políticas educacionais voltadas ao setor de ensino privado com o objetivo de se estimular a pós-graduação e, conseqüentemente, o potencial para a produção científica. Quando se analisa a publicação de artigos científicos no Brasil em 2011, das 20 instituições que mais publicaram artigos indexados no SciELO e no Web of Science (WoS), todas eram públicas, sendo 14 universidades federais, 4 universidades estaduais, 1 instituto de pesquisa e 1 empresa pública (PACKER, 2011). Martins (2000) afirma que “os dados disponíveis indicam que as universidades federais ocupam posição fundamental no interior do campo acadêmico nacional” e acrescenta que “os dados disponíveis indicam que as universidades federais ocupam posição fundamental no interior do campo acadêmico nacional e papel estratégico no processo de desenvolvimento do país”.

Um fato importante a destacar nessa discussão é que como optou-se em fazer uma análise da produção científica utilizando o total das instituições brasileiras (públicas e privadas) não houve, nesse momento, a consideração da existência de concentração na geração do conhecimento em instituições, geralmente públicas, e em algumas áreas, que são mais sensíveis à geração do conhecimento por meio da execução de projetos de pesquisa. O fato de que determinadas áreas do conhecimento são dependentes de recursos financeiros e materiais em detrimento a outras, reforça a

necessidade de maior volume de investimentos em programas de pós-graduação dependentes de insumos e equipamentos, muitas vezes importados.

Em um estudo desenvolvido por Chiarini e Vieira (2012) foi identificada a ocorrência de uma distorção nos gastos envolvidos na pesquisa quando se analisa as áreas de humanas e sociais aplicadas comparadas a outras, mais dependentes de infraestrutura laboratorial, como é o caso da medicina, ciências biológicas, engenharias, etc. Embora as primeiras concentrem mais pesquisadores, são menos dependentes de equipamentos e insumos. Ainda segundo esses autores, dados de 2008 indicaram que do total de US\$ 195 milhões investidos efetivamente em projetos de pesquisa pelo CNPq, as áreas biológicas, exatas, engenharias, saúde e agrárias representaram 81,9%. O alto investimento observado nessas áreas se deve aos altos custos com a pesquisa nestas áreas, pois os projetos envolvem importação de insumos (reagentes) e equipamentos sofisticados que são essenciais para a realização da pesquisa. Nas áreas de humanas, sociais aplicadas, lingüística, artes e literatura e outras, esses gastos indicaram apenas 18,1% do total, por não dependerem efetivamente de insumos e/ou equipamentos.

É flagrante essa distorção quando se observa os grupos de pesquisa e a respectiva produção científica. As áreas citadas mais sensíveis a investimentos em P&D (insumos e equipamentos) contribuíram em 2008 com 71,78% da produção científica, enquanto as demais apenas com 28,22% (CHIARINI E VIEIRA, 2012).

Nesse ponto, o caráter econômico passa a ser importante pois programas que necessitam importar insumos e bens de capital para a pesquisa estão sujeitos à variação cambial e em uma conjuntura de desvalorização da moeda nacional, tem-se um aumento dos custos envolvidos na pesquisa científica o que dificulta a execução da pesquisa.

O impacto observado pela questão cambial vai afetar principalmente os gastos em P&D que, no caso brasileiro, tem na importação uma prioridade, sobretudo de equipamentos para a construção da capacidade técnico-científica nacional. Isso reforça a importância de políticas voltadas à produção própria de tecnologia e de inovação. O reflexo econômico, nesse caso, é mais localizado e dado o caráter geral do estudo da

produção científica já mencionado nesta análise, não impactou negativamente no comportamento da produção científica nacional como um todo no período analisado.

Outro ponto desta discussão diz respeito à análise da população brasileira medida pelo número de habitantes e que no modelo econométrico, foi significativa para a explicação do crescimento do número de artigos científicos. Esta significância está no fato de que o crescimento populacional aumentará a comunidade científica nacional e isso proporcionará um fluxo permanente de novos pesquisadores para o setor de produção do conhecimento.

Por outro lado, não é prudente estimular o crescimento populacional, mas ao contrário, reduzi-lo. A revista Valor Econômico em sua versão eletrônica (2015), afirmou que “nos anos de 1950, o Brasil era o quarto do mundo com mais aumento anual de população. Entre 2010 e 2015, caiu para 11^o lugar e nas próximas décadas ficará fora da lista dos 16^o com mais aumento populacional”.

As implicações da redução da população para a sociedade pode ser analisada em seu aspecto positivo e negativo. No caso de consequências positivas, com a redução populacional, há uma menor pressão sobre os sistemas naturais, garantidores da manutenção da vida no planeta e em termos mais individualizados, na redução da carga sobre a renda, pois com famílias menores, há uma otimização dos recursos financeiros destas famílias. Em termos negativos, há uma implicação sobre o contingente disponível para o trabalho. Uma tendência de redução das populações comprometerá a produção da riqueza futura, já que de acordo com a visão econômica dominante, se faz necessário o aumento da riqueza por meio do aumento da produção de bens e serviços.

Apesar das soluções tecnológicas, poupadoras de mão de obra, que promovem o aumento da produção, a questão do trabalho humano ainda é chave, não só por conta da produção da riqueza em si, mas também pela questão da perda da remuneração (renda) das famílias, com a diminuição do contingente de mão de obra para o trabalho. Esse efeito, analisado de forma isolada, pode impactar negativamente no desempenho futuro quando se analisa a produção científica nacional, pois como o processo de geração do conhecimento requer cérebros, há uma ameaça na oferta de pesquisadores se considerarmos o cenário de estagnação da população brasileira.

Nesse contexto, o estudo constatou que a produção científica não é dependente do tamanho ou do ritmo do crescimento da população, mas apenas da existência de pessoas. Países menos populosos publicam mais que o Brasil, o quinto entre os mais populosos. Porém, caso se confirme a tendência de crescimento populacional zero conforme mostra estudo de Carvalho (2004), que identificou uma taxa de crescimento nulo a partir de 2015, o processo de geração do conhecimento estaria seriamente ameaçado. Com isso, se torna importante a manutenção de uma taxa de crescimento populacional mínima que seja constante e que garanta a oferta de cérebros (pesquisadores) para sustentação da estrutura geradora do conhecimento.

Portanto, para incrementar a produção científica a partir do contingente populacional com taxas de crescimento cada vez menores torna-se fundamental uma reforma do sistema educacional brasileiro desde os níveis iniciais da educação. Piana (2009) defende que “a educação nos dias atuais assume novos contornos na sociedade brasileira e especialmente entre os educadores que, por excelência, buscam assumir o compromisso de socializar, construir e desvendar novos conhecimentos”.

A perspectiva de longo prazo, neste caso, é um fator que deve ser considerado para uma educação de qualidade no país. O importante é garantir que haja um fluxo permanente de indivíduos que ingressem no sistema acadêmico por meio da pós-graduação para a o crescimento da comunidade científica e isso dependerá de políticas públicas de longo prazo nos âmbitos educacional, científico e tecnológico, econômico e social, que abasteçam o sistema acadêmico nacional com recursos humanos qualificados e comprometidos com a geração do conhecimento.

No caso de gastos em P&D, o estudo apontou para o reconhecimento desta variável como crítica por viabilizar o crescimento econômico das nações sob a ótica da produção do conhecimento. Por estarem na base do processo de geração de inovações, oriundas das novas tecnologias produzidas a partir de novos conhecimentos, os investimentos realizados, sobretudo pelas empresas, são cruciais para que se estabeleça uma base de conhecimento crescente e permanente. Isso naturalmente impactará a produção científica e a publicação de artigos científicos. Yan (2015) identificou evidências de que o aumento das taxas de crescimento dos gastos em P&D levam ao aumento das taxas de crescimento do número de citações que, por sua vez, podem ser explicadas pelo aumento das publicações.

Essa variável, classificada como econômica no modelo, foi fundamental por substituir o efeito das crises econômicas na produção científica, já que havia uma expectativa de que tais crises pudessem se refletir diretamente no comportamento da produção científica. Como demonstrado, o efeito das crises econômicas em nada afetaram, no curto prazo, o comportamento da produção científica, quando avaliada no conjunto das áreas, sendo necessário suprimi-la do modelo. Assim, os gastos em P&D, apesar de estarem localizados dentro do sistema de C&T&I e, portanto, de caráter endógeno, foram considerados como uma variável econômica por constituírem investimentos. A perspectiva de que investimentos em P&D podem ser geradores de conhecimento é observada no trabalho de Silva (2009) quando esse autor os compara a importação de máquinas e equipamentos para a inovação como um esforço das empresas brasileiras, ou seja, uma estratégia baseada mais na internalização de inovações via importações do que na geração própria por meio de investimentos locais em P&D.

Apesar do esforço que o país vem empreendendo em termos de capacidade de inovar, há muito por fazer, principalmente porque a maior parte do investimento é de origem pública e as empresas têm poucos incentivos à inovação própria. Rocha e Ferreira (2004) afirmam que “em países caracterizados por sistemas nacionais de inovação imaturos, como é o caso do Brasil, os gastos realizados pelo poder público para o desenvolvimento científico e tecnológico assumem relevância ainda maior, devido aos baixos dispêndios efetuados pelas empresas privadas”. Esse quadro prejudica o SNCTI brasileiro, pois a inovação, sobretudo oriunda das empresas privadas, é o principal fator de sucesso dos sistemas de inovação das nações desenvolvidas.

Dados da pesquisa de Inovação/Pintec 2014, elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE (2016), mostraram o baixo grau de investimento quando se analisa a geração própria de inovação das empresas entre 2000 e 2014. Em termos gerais a taxa média de inovação total, incluindo inovação de produto e de processo no mesmo período, ficou em 34,72%, ou seja, apenas 1/3 das atividades desempenhadas pelas companhias brasileiras eram devotadas à inovação.

O Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas/IPEA (2015) mostrou que entre 2008 e 2014, em média, as empresas brasileiras gastaram menos de 0,5% do PIB em

atividades de P&D. Esse dado é preocupante porque, primeiro, não há uma elevação em termos proporcionais quando se analisa a relação gastos em P&D/PIB, ou seja, o país não vem aumentando, em relação ao PIB, o seu gasto em P&D realizado pelas empresas e, segundo, em termos absolutos, quando o país sofre uma recessão econômica, o valor corrente gasto se torna menor do que em anos de crescimento econômico, prejudicando a capacidade de inovar das empresas.

O IPEA (2016) publicou estudo que mostrou que em 2013 os gastos em P&D no Brasil ficaram em torno de 1,24% do PIB, sendo que destes, 0,71% foram realizados pelo setor público, ficando apenas 0,53% realizados pelas empresas. Na Alemanha foram 2,83% de dispêndios nacionais em P&D em relação ao PIB, sendo 0,82% de dispêndios públicos e 2,01% de empresas privadas; Estados Unidos tiveram 2,74% de dispêndios nacionais em P&D em relação ao PIB, sendo dispêndios públicos de 0,76% e privados 1,98%; Japão apresentou 3,48% de dispêndios nacionais em P&D, como percentagem do PIB, sendo 0,60% de dispêndios públicos e 2,88% de gastos de empresas.

Países que investem em P&D estão em melhores condições sociais e econômicas daqueles que não investem. Se pode, então, fazer um paralelo entre o gasto em P&D, a geração do conhecimento e o desenvolvimento social, por meio do crescimento econômico. Esse encadeamento lógico permite compreender o elo entre gastos em P&D e produção científica, baseado na argumentação de que o conhecimento está na base do desenvolvimento. Em estudo realizado pela Levy Economics Institute, o incremento de 1% nos gastos em P&D gera um crescimento adicional no PIB de 9,92% (FINEP, 2017). Levando-se em conta que o crescimento econômico é condição necessária ao desenvolvimento, verifica-se a relação entre a geração do conhecimento por meio de investimentos em P&D e o desenvolvimento social por meio da geração e distribuição da riqueza.

A importância dessa variável para a produção científica pode ser ainda entendida quando Albuquerque (1996) afirma que “os gastos efetivados em pesquisa e desenvolvimento atuariam aumentando o conhecimento disponível, que pode ser medido pelo número de artigos científicos publicados (esse indicador seria uma aproximação da ampliação do conhecimento)”. Todo o esforço destinado à construção de uma base de conhecimento de alto nível não faz sentido se não for direcionado para

a sua aplicação em atividades inovadoras, reconhecidamente geradoras de alto valor agregado. Não só as universidades ou centros de pesquisa, mas, principalmente as empresas devem mobilizar seus recursos financeiros, técnicos e humanos para as atividades de pesquisa e desenvolvimento. Essa é uma exigência do modelo de desenvolvimento estruturado na geração de inovações, que permite às nações inovadoras se posicionarem na vanguarda do mundo desenvolvido.

A relevância dos resultados apresentados nesse trabalho se torna ainda maior quando consideramos o Brasil como participante dos BRICS, o bloco que integra as principais economias emergentes (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) na condição de líderes dos países em desenvolvimento e representam 42% da população mundial. Na questão da ciência e tecnologia o foco está na transformação do conhecimento em riqueza por meio da cooperação entre os países membros. A análise realizada a partir da comparação do Brasil e dos demais membros do bloco indica que apesar de o Brasil gozar de uma posição de destaque no cenário mundial em termos de desenvolvimento científico, ainda carece de mecanismos mais eficientes para impulsionar o seu desenvolvimento tecnológico (ALBUQUERQUE, 1998).

O gargalo se apresenta principalmente nas atividades de P&D que requerem investimentos vultosos e que, no caso brasileiro, vem sendo realizado em grande parte pelo setor público, demonstrando que o setor privado, mais sensível às inovações, não têm investido o suficiente para tornar o país um gerador de inovações. Apesar do esforço do governo em estimular as atividades de P&D nas empresas brasileiras, observa-se uma baixa sensibilidade do setor produtivo, que se traduz na estratégia de aquisição de tecnologias desenvolvidas em outros países. Para Viotti (2008) “a efetiva integração da empresa – ator central do processo de inovação – nas políticas de ciência e tecnologia e de inovação (CT&I) ainda parece fortemente afetada pela tradição anterior que a considerava um agente externo ao sistema de C&T”.

O estudo mostrou que o exemplo da China deve ser seguido, pois os dados indicaram que aquele país tem implementado uma política tecnológica agressiva e os resultados mostraram que as políticas implementadas pelo governo chinês se mostraram eficazes.

V - CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo estudar os determinantes da produção científica brasileira mediante uma análise econométrica no período de 1994 a 2014. A justificativa é de que uma análise empírica dos resultados econométricos pode aumentar o entendimento e ampliar ações que promovam o melhoramento do sistema de produção científica nacional, além de possibilitar uma comparação entre o Brasil e os demais países dos BRICS no contexto da C&T&I. A análise considerou a produção total, não havendo a distinção de instituições, regiões ou programas de pós-graduação, que poderia dar uma visão mais “realista” da distribuição da produção científica no Brasil, dado o caráter concentrador observado no ambiente científico brasileiro. Salienta-se também que não houve uma análise por área do conhecimento, sendo considerada o total de todas elas.

Nosso trabalho concluiu que:

1) A variável “programas de pós-graduação” é a que mais influenciou a produção científica nacional, na medida em que é nesses ambientes que se potencializa a geração do conhecimento. Ademais, as outras variáveis do modelo econométrico são reforçadas pelos programas de pós-graduação, demonstrando uma íntima relação entre elas, dado o caráter endógeno verificado no ambiente acadêmico-científico.

2) Esse caráter endógeno, observado em três das quatro variáveis do modelo econométrico, mesmo considerando “gastos em P&D” como uma variável econômica, foi determinante para afirmar que o motor da produção científica nacional está dentro do próprio setor acadêmico-científico. As atividades deste setor se reforçam na medida em que estão altamente correlacionadas. Esta auto-correlação foi confirmada pelo estudo da multicolinearidade na análise econométrica. A outra variável endógena identificada no modelo foi a formação em pós-graduação (mestres e doutores titulados).

3) A única variável verdadeiramente exógena que mostrou, estatisticamente, poder de explicação da produção científica, foi o contingente populacional medido em número de habitantes. A análise desta variável concluiu que a participação da população brasileira está na oferta de bons pesquisadores que, após o processo de formação finalizado na pós-graduação, aumentará a comunidade científica que estará apta a produzir artigos científicos e aumentar a produção científica nacional.

4) Apesar da variável “crises econômicas” ter sido excluída do modelo por apresentar baixo poder de explicação, mereceu melhor compreensão de seus efeitos sobre a produção científica. As flutuações econômicas, teoricamente, deveriam afetar a produção científica, porém, os resultados econométricos refutaram essa afirmação. Os efeitos indiretos no curto prazo e a própria geração do conhecimento, que é oriunda de processos mentais e não de processos produtivos do âmbito econômico, podem explicar tal fato, ou seja, embora suportado por estruturas físicas como laboratórios, instrumentos e equipamentos, é descolada das crises econômicas, pelo menos no curto prazo. Os resultados da pesquisa não são imediatos e flutuações econômicas de curto prazo não interferem no andamento dos projetos de pesquisa. A intervenção do governo nesses momentos também é justificada para arrefecer os efeitos das crises sobre o ambiente acadêmico-científico.

5) O Brasil, como membro importante dos BRICS, deve implementar políticas que aumentem a capacidade de inovar e que além disso, promovam mais investimentos na área de C&T&I para propiciar o crescimento da produção científica nacional.

Nossos dados em conjunto mostram que os programas de pós-graduação sejam alvos de políticas públicas voltadas para o seu fortalecimento, a partir de ações tanto internas das universidades, quanto externas, dos órgãos formuladores de políticas que intensifiquem o papel dos programas. De maneira geral, é a partir dos programas de pós-graduação que as demais variáveis podem contribuir para o crescimento da produção científica nacional.

Acreditamos que nosso trabalho possa contribuir para o melhor entendimento do ambiente em que a produção científica brasileira está inserida e que seja utilizado na proposição de ações mais efetivas que promovam uma evolução do sistema gerador do conhecimento no país e que isso se converta, no futuro, em benefícios para a sociedade brasileira.

VI – PERSPECTIVAS E RECOMENDAÇÕES

Com a validação do modelo e da sua aplicação para explicar a produção científica nacional, o estudo sugere que o modelo apresentado possa ser utilizado em novos contextos para o aprofundamento do conhecimento acerca da produção científica. Vários recortes podem ser realizados, como estudar a produção científica por área do conhecimento, por região, por unidades da federação, por instituição, entre outros recortes. Um estudo comparativo por países também pode ser conduzido a partir desse trabalho.

Propõe-se, com isso, a realização de novos estudos com vistas ao aprofundamento do entendimento do papel da produção científica e da sua vinculação com outras dimensões como a econômica e a social, principalmente com foco em análises mais qualitativas a partir dos resultados aqui apresentados. Mais precisamente, estudos que contemplem determinadas áreas, instituições ou regiões, que concentram a maior parte da produção científica para uma avaliação mais qualitativa do panorama nacional. Ademais, para modelos mais refinados, sugere-se a separação de áreas do conhecimentos que são mais dependentes de insumos e equipamentos, em grande parte importados, onde não só a questão financeiro-orçamentária, mas as flutuações cambiais, se tornam ainda mais crítica quando se avalia a produção científica.

Para o refinamento do modelo apresentado nesse estudo sugere-se a realização de um estudo econométrico que inclua como variável dependente, representativa da produção científica nacional, uma série atualizada e que inclua a publicação de artigos científicos de qualidade mais elevada, a partir de dados em revistas de maior impacto para realização de uma análise mais qualitativa de um estudo essencialmente quantitativo.

Sugere-se, ainda, utilizar análise econométrica do tipo *cross-section*, que permite realizar inferência estatística com dados comparados, diferentemente de análise de séries históricas, como apresentada nesse estudo.

Ainda como forma de atendimento de um dos objetivos do presente estudo, recomenda-se que as ações sugeridas com o propósito de melhoria das condições do sistema de C&T&I sejam aprofundadas para a proposição de políticas setoriais para

otimizar o processo de produção científica do Brasil com vistas à diminuição das disparidades observadas na distribuição da produção científica nacional e internacional.

VII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Eduardo da M. **Sistema nacional de inovação no Brasil**: Uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e tecnologia. Revista de Economia Política, vol. 16, no. 3 (63), julho/setembro de 1996.

_____. **Produção científica e sistema nacional de inovação**. Ensaios FEE, Porto Alegre, v.19, n.1, 1998, p.156-180.

ALMEIDA, L.P.; LEÃO, L.H.C. **A produção do conhecimento na universidade brasileira: dilemas, críticas e desafios**. 2014. <https://www.researchgate.net/publication/277963574>. doi: 10.15202/1981-1896.2014v19n37p76. Consulta realizada em 12 de novembro de 2017.

ANDRADE, Inez Barcellos; MARTINS, Isabel. **Panorama descritivo da produção científica em artigos científicos sobre pesquisa em educação em ciências**. Ensino, Saúde e Ambiente, v. 7, n. 1, 2014.

BACHION, M.M.; FONSECA, R.M.G.S.; BARBOSA, D.A. **Desafios para além da produção do conhecimento científico**. Revista Brasileira de Enfermagem. jan-fev; 68(1), 2015, p.7-8.

BARROS, Aidil de Jesus Paes de; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Projeto de pesquisa**: propostas metodológicas. 12ª. Ed. Vozes, Petrópolis, 1990.

BELEW, Richard K. **Scientific impact quantity and quality: analysis of two sources for bibliographic data**. Cognitive Science Dept. University of California, San Diego, 2005.

CAMINHA, Daniel O.; ANDION, Carolina. **Sociologia da ciência: trajetória e atualidade de uma disciplina em renovação**. In VI Colóquio Internacional de Epistemologia e Sociologia da Ciência da Administração/UFSC, Florianópolis/SC, 26 a 28 de Abril de 2017.

CARVALHO, José Alberto Magno de. **Crescimento populacional e estrutura demográfica no Brasil**. Cedeplar/UFMG, Belo Horizonte, 2004, p. 5-18.

CHIARINI, T.; VIEIRA, K.P. **Universidades como produtoras de conhecimento para o desenvolvimento econômico**: sistema superior de ensino e as políticas de CT&I. Revista Brasileira de Economia, v. 66, n. 1, 2012, p. 117-132.

CRUZ, Carlos Henrique Brito. **Ciência, tecnologia e inovação no Brasil**: desafios para o período 2011 a 2015. Interesse Nacional, ano 3, n. 10, jun. 2010.

DUARTE, S.L.; SOARES, S.V.; PEREIRA, S.I.M.; AMARAL, J.V.; PEREIRA, C.A. **A produção científica brasileira sobre Gestão Econômica em periódicos e eventos no período de 1989-2012**. Rev. Cont. UFBA, Salvador-Ba, v. 9, n. 1, jan-mar, 2015, p. 41-57.

ESPÓSTIO, V.H.C.; SILVA, M.G.B.; SILVA, G.T.R.; SALOMÉ, G.M. **Desenvolvimento humano e a produção do conhecimento: trajetórias de investigação de natureza fenomenológica e hermenêutica**. Memorandum, 26, 153167, 2014. Consultada realizada em 28 de outubro de 2017, de seer.ufmg.br/index.php/memorandum/article/view/6393.

FERREIRA, D.M.M. **Comunidade acadêmica e direitos do pesquisador: tensões na produção do conhecimento**. Cronos: Revista de Pós-Graduação. Ci. Soc. UFRN, Natal, v. 16, n.1, jan./jun, 2015.

FINEP. **Investimento em P&D impacta 9% no crescimento econômico**. 2017. Disponível em <<http://www.finep.gov.br>> Consulta realizada em 08 de Março de 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Técnicas de pesquisa em economia e elaboração de monografias**. Ed. Atlas, 3ª ed., São Paulo, 2000.

HAYNE, L.A.. **A inovação tecnológica como origem de um processo de desenvolvimento sustentável**. Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Brasília, 2000.

HERSCHBACK, DENNIS R.. **Technology as Knowledge: Implications for Instruction**. Journal of Technology Education, v.1, nr.1, 1995. Disponível em <https://doi.org/10.21061/jte.v7i1.a.3>. Consulta realizada em 18 de outubro de 2017.

HOLMES, T.P.; CALKIN, D E. **Econometric analysis of fire suppression production functions for large wildland fires**. International Journal of Wildland fires. n.22, 2013, p. 246-255.

IBGE. **Pesquisa de inovação/Pintec 2014**. Coordenação de Indústria, 2016.

JENSEN, Juan; MENEZES-FILHO, Naércio; SBRAGIA, Roberto. Os determinantes dos gastos em P&D no Brasil: uma análise com dados em painel. **Rev. Econ.**, São Paulo, v.34, n.r, out-dez 2004, p. 661-694.

KING, David A. **The scientific impact of nations**. Nature Publishing Group. Vol. 430, 2004, p. 311-316.

LAYTON JR, Edwin T.. **Technology as Knowledge**. Technology and Culture. Vol. 15, No. 1, Jan., 1974, p. 31-41.

LOPES, S., COSTA, M. T., FERNÁNDEZ-LLIMÓS, F., AMANTE, M. J.; LOPES, P. F. **A Bibliometria e a Avaliação da Produção Científica: indicadores e ferramentas**. In Actas do congresso Nacional de bibliotecários, arquivistas e documentalistas (no. 11), 2012.

Disponível em <http://www.bad.pt/publicacoes/index.php/congressosbad/article/view/429>. Consulta realizada em 18 de outubro de 2017.

MANCEBO, D. **Trabalho docente e produção de conhecimento**. Psicologia & Sociedade, vol. 25, núm. 3, 2013, p. 519-526.

MARTINS, C. B. **O ensino superior brasileiro nos anos 90**. São Paulo Perspec. vol. 14 no.1 São Paulo Jan./Mar, 2000.

MELO, F.D.; ARAÚJO, M.M.; ALMEIDA, V.R. **A produção do conhecimento histórico na contemporaneidade: o desafio de ensinar numa época de incertezas**. Revista Historiar, Vol. 08, N. 14, 2016, p. 43-52.

MORICOCCHI, Luiz; GONÇALVES, José Sidnei. **Teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter: uma revisão crítica**. São Paulo: Informações Econômicas, vol. 24, no. 8, ago. 1994.

NASCIMENTO, S. do; BEUREN, Ilse Maria. **Redes sociais na produção científica dos programas de pós-graduação de ciências contábeis do Brasil**. Revista de Administração Contemporânea, v. 15, n. 1, 2011, p. 47-66.

OLIVEIRA, Romualdo Portela de. **Da universalização do ensino fundamental ao desafio da qualidade: uma análise histórica**. Educ. Soc. [online], vol.28, n.100, 2007, p. 661-690. ISSN 0101-7330.

PARKIN, Michael. **Economia**. Ed. Pearson. 8ª. Edição, São Paulo, 2009, p. 459.

PECARIC, D.; BAKOVIC, B.; TUDMAN, M. **Characteristics of scientiic production in Croatia form 1997 to 2014**. Qualitative and Quantitative Methods in Libraries (QQML) 4, 2015, p. 259-271.

PIANA, M.C. **A construção do perfil do assistente social no cenário educacional [online]**. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 233 p. ISBN 978-85-7983-038-9. Available from SciELO Books .

PINHEIRO, A.A.; MENDES, D.R.F.; OLIVEIRA, M.A.C. **As universidades, sua produção de conhecimento e o papel deste ativo no desenvolvimento econômico**. Revista de Direito Internacional Econômico e Tributário. Brasília, V. 9, nº 1, Jan-Jun, 2014, p. 183 – 205.

QUINTELLA, Rogério Hermida; DIAS, Camilo Ferreira. **O papel dos paradigmas técnicos–econômicos nos estudos organizacionais e no pensamento estratégico empresarial**. Revista Brasileira de Administração Pública. In: RAP, Rio de Janeiro 36(6): nov/dez, 2002, p. 905–32.
Disponível em <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6469>. Consulta realizada em 28 de Dezembro de 2017.

RASERA, E.; GUANAES-LORENZI, C.; CORRADI-WEBSTER, C.. **Pesquisa como prática social: o pesquisador e os “outros” na produção do conhecimento**. Athenea Digital 16 (2), 2016, p. 325-347.

ROCHA, Elisa Maria Pinto; FERREIRA, Marta Araújo Tavares. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação: mensuração dos sistemas de CTel nos estados brasileiros**. Ci. Inf., Brasília, v. 33, n. 3, set./dez. 2004, p. 61-68.

ROSSETI, José Paschoal. **Introdução à economia**. Ed. Atlas, 19^o ed. São Paulo, 2002, pg. 541.

ROSSI, P. **A ciência e a filosofia dos modernos**. São Paulo: Editora da UNESP; 1992

SACARDO, M.S.; SILVA, R.H.R.. **Geminal: Marxismo e educação em debate**, Salvador, v. 9, n. 2, ago. 2017, p. 1-4.

SANDRONI, Paulo (Org.). **Dicionário de economia**. Ed. Best Seller, 2^a edição, São Paulo, 1989, p. 307.

SCHWARTZMAN, Simon. **A pesquisa científica e o interesse público**. Revista Brasileira de Inovação v.1. n.2, São Paulo, jul/dez, 2002.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Pós-graduação e pesquisa: o processo de produção e de sistematização do conhecimento**. Rev. Diálogo Educ., Curitiba, v. 9, n. 26, jan./abr 2009, p. 13-27.

SILVA, G.B.; BOTELHO, M.I.V. **Temporalidades**. Revista Discente do Programa de Pós-Graduação em História da UFMG. v. 8, n. 1, Belo Horizonte, jan./maio 2016.

SILVA, Alexandre Messa. **Impactos da geração e absorção de conhecimento na produtividade da firma**. Rev. Econon. Contemp., Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, set./dez. 2009, p. 467-487.

SOARES, Maria Susana Arrosa (Coord.). **A educação superior no Brasil**. Instituto Internacional para a Educação Superior na América Latina e no Caribe/IESALC. Porto Alegre, nov. 2002.

SOBRINHO, J. D. **Universidade e novos modos de produção, circulação e aplicação do conhecimento**. Avaliação, Campinas; Sorocaba, SP, v.19, n.3, 2014, p. 643-662.

SOUZA-SILVA, João Roberto de *et al.* **Análise da produção científica de dez anos da revista psicologia: teoria e prática**. Psicol. teor. prat., São Paulo , v. 12, n. 3, mar 2010.

STAUB, E. **Desafios estratégicos em ciência, tecnologia e inovação**. IEDI. Brasília, 2001 (18 a 20/Set). Disponível em <<http://www.iedi.org.br>> Consulta realizada em 17 de Dezembro de 2017.

TARGINO, Maria das Graças. **Comunicação científica: uma revisão de seus elementos básicos**. UnB, Brasília, 1998.

TOLENTINO, Camila Maria de Andrade; RAPINI, Márcia Siqueira. Infraestruturas de C&T no Brasil e padrões de especialização com base no conhecimento. In: **Anais do 1^o Encontro da Nacional de Economia Industrial e Inovação [=Blucher Engineering Proceedings, v.3 n.4]**. São Paulo: Blucher, 2016, p. 653-672. ISSN 2357-7592, DOI 10.5151/engpro-1enei-037

TOSI, L. **A mulher e a ciência**. Ciclo de Conferências proferidas na Faculdade de Medicina. UFMG, Jun. de 1988.

VALOR ECONÔMICO. **Crescimento demográfico no Brasil vai desacelerar em 2040**, prevê ONU. Reportagem eletrônica, 29/07/2015.

Disponível em <http://www.valor.com.br/internacional/4154720/crescimento-demografico-no-brasil-vai-desacelerar-em-2040-preve-onu>, de 29/07/2015. Consulta realizada em 28/06/2017.

VAN RAAN, Anthony F.J. **Measuring science**. Capita selecta of current main issues. Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The Netherlands, 2004, p. 19-50.

VANTI, Nadia Aurora Peres. **Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento**. Ci. Inf, Brasília, v.31, nr. 2, mai/ago 2002, p. 152-162.

VELLOSO, Jackes. **A pós-graduação no Brasil: formação e trabalho de mestres e doutores no país**. Cadernos de Pesquisa, n. 117, março/2003, p. 269-272.

_____. **Mestres e doutores no país: destinos profissionais e políticas de pós-graduação**. Cadernos de Pesquisa, v. 34, n. 123, set./dez. 2004, p. 583-611.

VETASZTO, E.V.; SILVA, D.; MIRANDA, N.A.; SIMON, F.O.. **Tecnologia: buscando uma definição para o conceito**. Prisma.com, nr. 7, 2008.

VELHO, L. **Relações Universidade-Empresa: Desvelando Mitos**. Campinas, SP: Autores Associados, Coleção educação contemporânea, 1996.

VILLANI, A.; DIAS, V.S.; VALADARES, J.M. The development of Science education Research in Brazil and contribution from the History and Philosophy of Science. **International Journal of Science Education**, v.32, n.7, p. 907-937, 1 May 2010.

VIOTTI, Eduardo B. **Brasil: de política de C&T para política de inovação?** Evolução e desafios das políticas brasileiras de ciência, tecnologia e inovação. In “Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação Diálogo entre experiências internacionais e brasileiras” (CGEE). Brasília, 2008, p. 137-167.

VON BERTALANFFY, Ludwig. **The history and status of general systems theory**. The Academy of Management Journal, Vol. 15, No. 4, General Systems Theory, Dec/1972, 407-426.

WEISS, Carol. 1979. **The Many Meanings of Research Utilization**. *Public Administration Review*, 39(5): 426–31.