

Produção científica brasileira sobre células-tronco de 2000 a 2013: características e colaboração internacional

Brazilian scientific output in stem cells from 2000 till 2013: features and international collaboration

Producción científica brasileña acerca de células madre en los años 2000-2013: características y colaboración internacional

Dirce Maria Santin | dirce.santin@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da saúde, Biblioteca. Porto Alegre, RS, Brasil.

Zizil Arledi Glienke Nunez | zizil.arledi@gmail.com

Instituto Educacional do Rio Grande do Sul, Biblioteca. Porto Alegre, RS, Brasil.

Ana Maria Mielniczuk de Moura | ana.moura@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Ciências da Informação, Programa de Pós-graduação em Comunicação e Informação. Porto Alegre, RS, Brasil.

Resumo

Este artigo analisa a produção científica brasileira sobre células-tronco publicada entre 2000 e 2013 e indexada na Web of Science (WoS). A pesquisa constitui um estudo bibliométrico, e os resultados revelam o crescimento significativo da produção científica, o predomínio dos artigos e a preferência pelo idioma inglês. Entre as instituições mais produtivas destacam-se a Universidade de São Paulo e a Universidade Federal do Rio de Janeiro. As áreas de hematologia e transplante recebem destaque na classificação temática dessa produção científica, marcada pela interdisciplinaridade. O núcleo dos periódicos revela forte presença dos títulos estrangeiros e indica a difusão internacional da produção científica. A colaboração internacional alcançou o índice de 31,3% e reuniu 56 países parceiros, com destaque para EUA, Alemanha e França. Considera-se que o Brasil tem-se estabelecido como um importante agente nas pesquisas sobre células-tronco e que a produção científica tende a se expandir nos próximos anos e a alcançar maior visibilidade internacional.

Palavras-chave: Bibliometria; Cientometria; Produção científica; Colaboração científica; Células-tronco.

Abstract

This article analyzes the Brazilian scientific output in stem cells published from 2000 till 2013 and indexed in the Web of Science (WoS). The research constitutes a bibliometric study and the results show the significant growth of the scientific output, the predominance of articles and the preference for the English language. Among the most productive institutions stand out the Universidade de São Paulo and the Universidade Federal do Rio de Janeiro. The areas hematology and transplantation are highlighted in thematic classification of scientific output marked by the interdisciplinarity. The core of journals reveals strong presence of foreign journals and indicates the international diffusion of scientific output. International collaboration has achieved the index of 31.3% and brought together 56 partner countries, especially USA, Germany and France. It is considered that Brazil has established itself as an important agent in research on stem cells and that scientific output is likely to increase in the coming years and to reach greater international visibility.

Keywords: Bibliometrics; Scientometrics; Scientific output; Scientific collaboration; Stem cells.

Resumen

Este artículo analiza la producción científica brasileña acerca de células madre publicada entre 2000 y 2013 e indexada en la Web of Science (WoS). La investigación constituye un estudio bibliométrico y los resultados muestran el importante crecimiento de la producción científica, el predominio de los artículos y la preferencia por el idioma inglés. Entre las instituciones más productivas están la Universidade de São Paulo y la Universidade Federal do Rio de Janeiro. Las áreas de hematología y trasplante se destacan en la clasificación temática de la producción científica marcada por la interdisciplinaria. El núcleo de las revistas revela fuerte presencia de títulos extranjeros e indica la difusión internacional de la producción científica. La colaboración internacional ha alcanzado la tasa de 31,3% y reunió 56 países asociados, en especial, Estados Unidos, Alemania y Francia. Se considera que Brasil se ha consolidado como un agente importante en la investigación sobre las células madre y que la producción científica probablemente aumentará en los próximos años y alcanzará una mayor visibilidad internacional.

Palabras chave: Bibliometria; Cientiometria; Producción científica; Colaboración científica; Células madre.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Contribuição dos autores: as autoras contribuíram igualmente em todas as etapas de produção do artigo.

Declaração de conflito de interesses: não há conflito de interesses.

Declaração de conflito de interesses: não há conflito de interesses.

Fontes de financiamento: este trabalho contou com recursos próprios das autoras e apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Histórico do artigo: Submetido:27.abril.2015 | Aceito: 11.maio.2015 | Publicado: 30.jun.2015

Apresentação anterior: SANTIN, D. M.; NUNES, Z. A. G. A pesquisa em células-tronco no Brasil: análise da produção científica de 2005 a 2012 na Web of Science. [Trabalho de evento]. Encontro Brasileiro de Bibliometria e Cientiometria, 4., 2014, Recife, PE. Disponível em: http://www.brapci.inf.br/repositorio/2014/05/pdf_039638d9ab_0014361.pdf.

Licença CC BY-NC atribuição não comercial. Com essa licença é permitido acessar, baixar (download), copiar, imprimir, compartilhar, reutilizar e distribuir os artigos, desde que para uso não comercial e com a citação da fonte, conferindo os devidos créditos de autoria e menção à Reciiis. Nesses casos, nenhuma permissão é necessária por parte dos autores ou dos editores.

Introdução

O tema células-tronco tem despertado interesse crescente nas últimas décadas, tanto na comunidade científica como nos meios de comunicação e na sociedade em geral. A atenção crescente às pesquisas sobre o tema pode ser associada a diversos fatores, dentre os quais se destacam o potencial promissor das pesquisas na prevenção e no tratamento de diversas doenças e seu caráter altamente polêmico, uma vez que são alvos frequentes de discussões envolvendo questões éticas e morais.

A produção científica brasileira sobre células-tronco tem importância fundamental para o País, tanto no que se refere ao desenvolvimento científico e tecnológico quanto à ampliação da presença do Brasil em pesquisas de interesse mundial. O desempenho da pesquisa científica brasileira nas diversas áreas mostra-se elevado e pode ser percebido no ranking mundial da ciência, medido pela Web of Science (WoS), onde o país saiu da 17^a posição em 2007 para a 13^a posição em 2009, registrando a indexação de 95 novos periódicos. Parte deste avanço deve-se ao desenvolvimento científico das ciências biológicas e das ciências da saúde, áreas responsáveis por boa parte da produção científica nacional¹.

O pioneirismo do Brasil ao permitir as pesquisas com células-tronco² favorece o crescimento da produção sobre o tema e amplia o potencial de liderança científica do Brasil nesse âmbito na América Latina. A capacidade que as células-tronco têm de se diferenciarem, de constituírem diferentes tecidos no organismo e de se autorreplicar estabelece novos desafios e oportunidades de pesquisa no mundo todo, tanto nas ciências básicas como nas áreas com enfoque aplicado. O conjunto dessas pesquisas representa um avanço significativo para a ciência de diversos países, como é o caso do Brasil, cujos esforços têm resultado em importantes descobertas voltadas para o tratamento e a cura de doenças sem outras possibilidades de assistência médica.

Portanto, considerando o histórico e a importância das pesquisas brasileiras sobre células-tronco, este artigo analisa a produção científica brasileira sobre o tema publicada entre 2000 e 2013 e indexada na WoS. O trabalho constitui um estudo bibliométrico e os indicadores descrevem o número de publicações e o crescimento no período; os principais títulos de periódicos que veiculam os documentos; as principais áreas em que o tema é tratado segundo as categorias de assunto da WoS; as principais instituições de filiação dos autores; e os principais países colaboradores. Acredita-se que a análise das características e da colaboração internacional existente na produção científica brasileira sobre células-tronco pode contribuir para a identificação dos padrões e tendências da pesquisa sobre o tema no Brasil, além de ampliar o conhecimento sobre um campo científico relativamente novo e com forte potencial de crescimento no meio científico nacional e internacional.

Pesquisa sobre células-tronco e estudos bibliométricos

Os estudos sobre células-tronco apresentados nesta seção contemplam dois enfoques: o primeiro refere-se à pesquisa sobre o tema propriamente dito e o segundo aponta os principais estudos bibliométricos realizados com base nas publicações sobre o tema.

Em relação à pesquisa sobre células-tronco, observa-se que os estudos se diferenciam entre si não apenas pelos tipos de células existentes, mas também pelos métodos através dos quais elas são manipuladas. Este estudo toma por base a classificação das células-tronco em quatro tipos principais³: células-tronco teciduais; embrionárias pluripotentes; pluripotentes induzidas; e epiblasticas. A adoção da classificação pretende dotar o estudo de estabilidade, especialmente no que se refere à classificação temática dos documentos.

As células-tronco teciduais (*tissue stem cells*) constituem células especializadas encontradas em tipos específicos de tecidos, podendo ser extraídas do corpo humano tanto na sua fase fetal quanto na fase adulta, sem prejuízos ao desenvolvimento do doador. As células-tronco embrionárias (*embryonic stem cells*) representam

as primeiras células-tronco pluripotentes (*pluripotent stem cells*) consideradas objetos de pesquisa. Extraídas das primeiras fases do desenvolvimento do feto, estas células se caracterizam pela capacidade de divisão e diferenciação de modo que, quando implantadas em tecidos humanos, estimulam a multiplicação das células existentes, promovendo a sua regeneração³.

As células-tronco pluripotentes induzidas (*induced pluripotent stem cells*) são células de organismos adultos desenvolvidas em laboratório e manipuladas geneticamente a fim de que se tornem um tipo específico de célula passível de experimentação e aplicação em diversos tratamentos³. As células-tronco epiblasticas (*epiblast stem cells*), por sua vez, são células pluripotentes isoladas em animais, especialmente ratos e camundongos, após a implantação dos embriões.

Os primeiros estudos com células-tronco teciduais datam da década de 1950, com o primeiro transplante de células-tronco realizado no *Mary Imogene Basset Hospital*, nos Estados Unidos (EUA). Já a clonagem teve seu primeiro passo concretizado na década de 1960, no Reino Unido, com a reprodução de rãs em laboratório. A década de 1970 foi marcada pelo primeiro experimento com células-tronco embrionárias, que se tornou possível com o cultivo de células-tronco de ratos em laboratório. As pesquisas no campo foram ampliadas para outros países e continentes: a partir da década de 1980, passaram a ser feitas na Alemanha e, no final da década de 1990, em países da Ásia e América do Sul³.

No Brasil, as pesquisas com células-tronco embrionárias foram regulamentadas pela Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005⁴ (Lei de Biossegurança). Entretanto, as células-tronco já eram objeto de pesquisa e o primeiro artigo brasileiro sobre o tema foi publicado por Corrêa e colaboradores, em 1987, nos Anais da Academia Brasileira de Ciências⁵. Em maio de 2005, as pesquisas brasileiras com células embrionárias foram temporariamente suspensas, em virtude de uma ação proposta pelo procurador-geral da República ao Superior Tribunal Federal. A ação alegava que a manipulação de células embrionárias feria o direito dos embriões à vida. Apenas em 2008, com a ratificação da Lei por decisão do Superior Tribunal Federal, as pesquisas foram legalizadas, tornando o Brasil o primeiro país da América Latina e o 26º no mundo a permitir as pesquisas com células-tronco embrionárias².

A avaliação da ciência constitui recurso essencial para a compreensão das características, dinâmicas e resultados da atividade científica. A bibliometria pode ser considerada o campo responsável pela avaliação quantitativa da ciência a partir dos dados da produção científica dos pesquisadores em diferentes contextos. A área compreende os estudos da ciência baseados em fontes de arquivo, incluindo os estudos de citação, colaboração e produtividade científica⁶. A avaliação quantitativa, alicerçada na avaliação qualitativa realizada pelos pares antes da publicação dos resultados das pesquisas, configura-se como recurso essencial para a construção de indicadores, para o planejamento e a avaliação de políticas científicas nacionais e institucionais⁷.

Estudos bibliométricos anteriores analisaram as publicações sobre células-tronco em diferentes contextos e abordagens. Li e colaboradores investigaram os padrões e as tendências da pesquisa global sobre células-tronco com base nos artigos publicados de 1991 a 2006 e indexados no Science Citation Index (SCI) da WoS. Os resultados revelam o panorama geral das pesquisas do campo, com destaque para o crescimento exponencial da literatura científica, especialmente nos Estados Unidos (EUA), além de apontar os principais temas de pesquisa no período.

Cantos-Mateos e colaboradores⁹ avaliaram as tendências temáticas da produção científica espanhola sobre células-tronco publicada no período de 1997 a 2007 e indexada no SCI da WoS. Além dos principais temas de pesquisa, foram identificadas as instituições e as regiões mais produtivas da Espanha. O tema células-tronco também foi explorado por An e Wu¹⁰ em estudo de coocorrência de palavras, que analisou as tendências de evolução dos principais temas dos artigos publicados entre 2001 e 2010 e indexados na PubMed.

O mapeamento da estrutura cognitiva e intelectual da pesquisa brasileira sobre células-tronco foi objeto de estudo de Machado e Leta¹¹, utilizando as técnicas de cocitação e coocorrência de palavras. Os resultados

do estudo revelam o incremento das pesquisas brasileiras e a ampliação do reconhecimento internacional, acompanhando de modo geral as pesquisas produzidas no cenário global.

Barfoot e colaboradores³ avaliaram a pesquisa sobre o tema numa perspectiva mundial com base na literatura indexada na base de dados Scopus, identificando padrões das diferentes ramificações relativas ao uso das células-tronco. O trabalho partiu de uma classificação das células-tronco em quatro tipos principais, conforme descrito anteriormente, e definiu expressões de busca específicas para cada tipo de célula. Os indicadores utilizados na pesquisa compreendem o número de publicações, global e por país, a colaboração entre instituições e países e o impacto das citações recebidas no campo. Os resultados revelam as principais características da produção científica global e as tendências em cada ramo da pesquisa.

Materiais e métodos

Como dito anteriormente, a pesquisa em pauta constitui um estudo bibliométrico, sendo assim de abordagem quantitativa. A principal fonte de dados foi a WoS e a busca contemplou todos os tipos de documentos e todas as coleções da base. A estratégia de busca utilizou os campos país (CU=Brazil or Brasil), ano de publicação (PY=2000-2013) e tópico (TS), este último com a combinação dos termos *Stem cell or Stem cells or Embryonic stem cell or Embryonic stem cells or Human embryonic stem cell or Human embryonic stem cells or Induced pluripotent stem cell or Induced pluripotent stem cells or Pluripotent stem cell or Pluripotent stem cells or Tissue stem cell or Tissue stem cells or Adult stem cell or Adult stem cells or Epiblast stem cell or Epiblast stem cells*. A definição dos termos de busca considera a classificação dos principais tipos de células-tronco adotada por Barfoot e colaboradores³, de modo que tem por base as expressões adotadas naquele estudo.

A busca de documentos que contêm o Brasil no campo país busca contemplar as publicações de autores associados a instituições e endereços brasileiros, sejam brasileiros ou estrangeiros. O período de 14 anos selecionado para o estudo (2000-2013) pretende conferir consistência e estabilidade aos dados analisados, além de permitir a análise do crescimento e das dinâmicas da produção no período, incluindo anos anteriores à promulgação da Lei de Biossegurança (2005), que regulamentou as pesquisas sobre o tema no Brasil.

Os dados foram exportados da WoS em junho de 2014 e totalizaram 2.217 documentos que compõem o *corpus* da pesquisa. As ferramentas de análise dos dados foram os softwares Bibexcel, Microsoft Excel e Gephi. Os indicadores e seus respectivos campos são: ano de publicação (PY), tipo de documento (DT), idioma (LA), periódico (SO), categorias de assunto da WoS (WC), instituição (C1) e país (C1). A Lei de Bradford, que permite estabelecer o núcleo e as áreas de dispersão sobre determinado assunto num conjunto de periódicos¹², foi utilizada para identificação do núcleo de produtividade dos periódicos que veiculam os artigos brasileiros sobre células-tronco.

Resultados

A produção científica brasileira sobre células-tronco publicada por pesquisadores de instituições brasileiras dos anos 2000 a 2013, como já apontado, é formada por 2.217 documentos. As publicações correspondem a aproximadamente 0,5% dos documentos brasileiros indexados na WoS no período e registram a média de crescimento de 29,9% ao ano, triplicando a média de 9,5% de aumento da produção científica nacional das diversas áreas publicada na mesma janela temporal e indexada na base.

O gráfico a seguir apresenta a distribuição das publicações por ano de publicação e a taxa de crescimento anual.

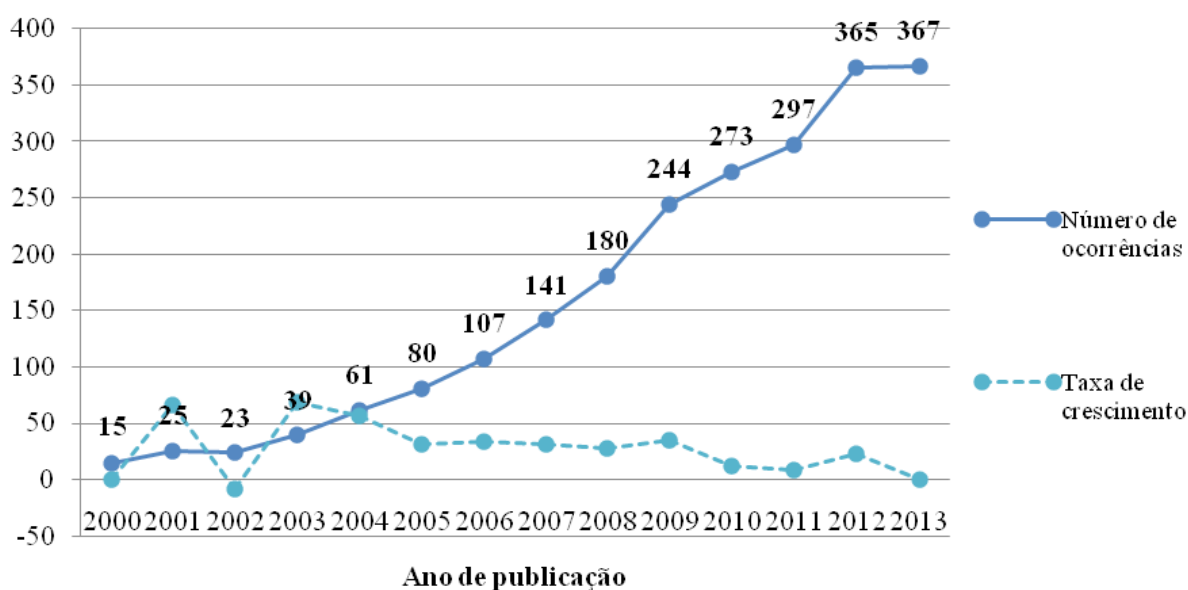


Gráfico 1 – Crescimento da produção científica brasileira sobre células-tronco (2000-2013)
Fonte: Dados da pesquisa.

A curva do gráfico revela um crescimento contínuo na produção científica brasileira sobre o tema no período, com pequena oscilação no ano de 2002. Observa-se que a partir de 2006, ano subsequente à promulgação da Lei de Biossegurança e do lançamento do primeiro edital específico para projetos de pesquisa sobre células-tronco no Brasil pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) em parceria com o Ministério da Saúde¹³, o número de documentos publicados sobre o assunto teve um aumento significativo, contabilizando aproximadamente o quádruplo do valor inicial. A taxa de crescimento, por sua vez, apresenta uma curva decrescente, embora o número de documentos publicados em 2012 tenha crescido mais de quatro vezes em relação ao ano da promulgação da referida Lei. O ano de 2013 apresenta certa estagnação em comparação com o número de documentos publicados em 2012 e um decréscimo acentuado na taxa de crescimento. Os resultados são compreensíveis, uma vez que a coleta de dados para a pesquisa foi realizada em junho de 2014 e pouco tempo transcorreu para publicação dos documentos e indexação retrospectiva na WoS.

O crescimento da produção científica brasileira sobre células-tronco pode ser associado a diversos fatores, além do impulso promovido pela promulgação da Lei de Biossegurança em 2005. Elementos como o investimento público nas pesquisas sobre o tema¹³; a criação da Rede Nacional de Terapia Celular (RNTC)ⁱ e do Laboratório Nacional de Células-tronco Embrionárias (LaNCE)ⁱⁱ; além do incremento no número de periódicos brasileiros indexados na WoS, especialmente na segunda metade da década 2000^{1,14}; tudo isso contribuiu para aumentar a presença do Brasil nas pesquisas sobre o tema e ampliar sua visibilidade no cenário nacional e internacional.

No que se refere aos tipos de documentos publicados no período, os artigos registram 1.457 ocorrências (65,0%), reunindo assim mais da metade da produção científica brasileira sobre células-tronco e confirmando a proeminência deste tipo de publicação como o principal meio de comunicação dos resultados das pesquisas¹⁵.

i A RNTC foi criada em 2008 com o objetivo aumentar a integração entre os pesquisadores brasileiros e facilitar a troca de informações em relação às pesquisas com células-tronco. A Rede integra oito centros de tecnologia celular e 52 laboratórios localizados em diversos estados do País.

ii O LaNCE foi criado em 2009 para catalisar as pesquisas com células-tronco embrionárias humanas e células pluripotentes induzidas no Brasil. É um dos oito centros da RNTC e possui duas unidades, uma na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e outra na Universidade de São Paulo (USP).

Destaca-se também a produção científica originária de eventos, representada pelos anais de resumos, com 462 documentos (20,8%), e pelos anais de eventos, com 69 (3,1%) ocorrências. Embora considerados diferentes tipos de documentos pela WoS, é possível avaliar que os anais reúnem cerca de 23% das publicações veiculadas no período. Outro destaque foram os artigos de revisão, com 211 documentos (9,5%). Este tipo de documento tem assumido importância crescente na literatura das áreas biomédicas, pois contribui para a sistematização das pesquisas, possibilitando o levantamento do estado da arte e o avanço teórico nos diversos campos científicos¹⁶. Os demais tipos de documentos reúnem 81 publicações (3,7%).

Em relação ao idioma dos documentos, observa-se o predomínio da língua inglesa, identificada em 2.133 registros (96,3%). A língua portuguesa tem baixa frequência entre os idiomas, ocorrendo em 73 documentos (3,2%), e sua presença pode ser associada ao próprio recorte geográfico da pesquisa. O espanhol e o francês foram identificados, respectivamente, em seis (0,2%) e um (0,05%) documento, de modo que não chegam a 1% quando somados. É normal, entretanto, que a maior parte da comunicação nas áreas biomédicas se dê pelo inglês, visto que este é considerado o idioma oficial da ciência e a redação em língua inglesa constitui prática consolidada nessa área^{15,17}.

Instituições e áreas temáticas

Foram identificadas 1.814 instituições responsáveis pela produção científica brasileira sobre células-tronco no período coberto pelo estudo, das quais 15 são as maiores produtoras de artigos científicos sobre o tema, contando com uma produção de mais de 50 artigos cada. Do total de 8.014 ocorrências contabilizadas, 3.735 (46%) correspondem às 15 instituições apresentadas no gráfico a seguir.

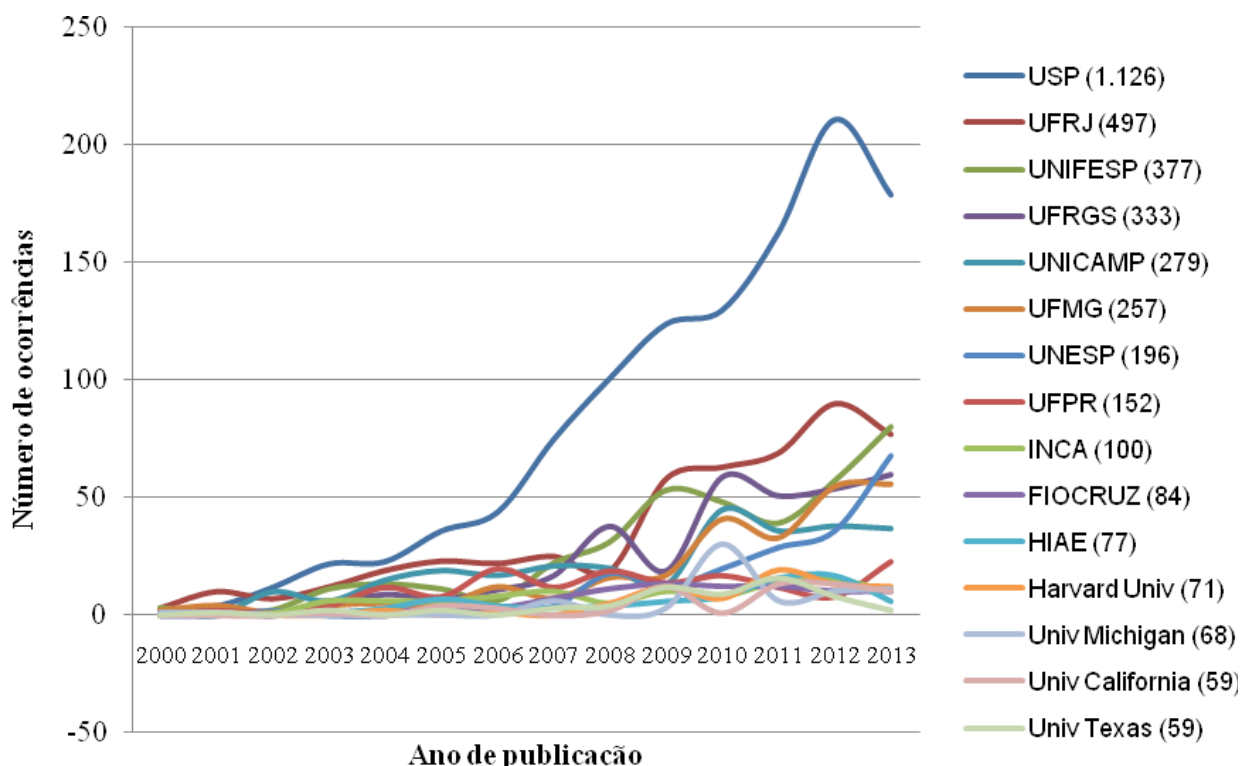


Gráfico 2 – Principais instituições responsáveis pela produção científica brasileira em células-tronco (2000-2013)
 Legenda: Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal do Estado de São Paulo (Unifesp), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade do Estado de São Paulo (Unesp), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Instituto Nacional de Câncer (Inca), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Hospital Israelita Albert Einstein (HIAE).
 Fonte: Dados da pesquisa.

Percebe-se que a maior produtora de artigos científicos na área é a USP (50,8%). Entretanto, a distribuição da produção científica foi bastante homogênea entre todas as instituições representadas no gráfico até o ano de 2005, quando a pesquisa na área foi regulamentada pela Lei de Biossegurança. De 2005 a 2008, a USP é a única instituição a apresentar crescimento significativo na referida produção científica. Esse período contempla desde os anos em que a lei foi sancionada até o ano em que foi ratificada, em função das questões éticas envolvidas no uso de células-tronco embrionárias. Tal período não envolve quedas na produção científica, especialmente se considerado o tempo necessário ao processo de publicação de um artigo, desde a pesquisa em si até a publicação dos resultados em um periódico.

Após o ano de 2008, percebe-se que as linhas correspondentes a algumas instituições possuem um padrão semelhante, o que pode indicar uma série de trabalhos em colaboração, mesmo que algumas delas tenham contabilizado menor produção que outras. A USP e a UFRJ mostram uma linha crescente com padrão semelhante, o que se justifica, em parte, pela parceria estabelecida na gestão do LaNCE¹⁸.

Grande parte dos documentos referentes ao Rio de Janeiro é proveniente de pesquisas realizadas por pesquisadores do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF), da UFRJ, onde funciona o LaNCE, que desenvolve pesquisas com células-tronco embrionárias humanas (hES) e células de pluripotência induzida (iPS). Como mencionado anteriormente, o LaNCE é um dos oito centros de tecnologia celular da RNTC e possui duas unidades, no Rio (ICB – UFRJ) e em São Paulo (ICB - USP)¹⁹, o que explica os números elevados de documentos recuperados referentes à USP e à UFRJ.

Os centros de pesquisa da RNCT são selecionados segundo critérios como oferta de serviço de cardiologia, infraestrutura disponível para pesquisa na área e histórico de liderança em pesquisa clínica e terapia celular¹³. A presença desses centros em várias localidades do País influencia sobremaneira os resultados obtidos. É possível supor, por exemplo, que a forte ocorrência da UFRGS e da UFPR se deve especialmente à participação dessas instituições na RNCT, através dos centros implantados na Associação Paranaense de Cultura, da UFPR, e no Hospital de Clínicas de Porto Alegre, vinculado à UFRGS²⁰.

O Inca, uma das instituições mais produtivas em matéria de células-tronco, tem essa posição justificada por sua participação na Rede Brasil Cord, banco e clínica de transplantes de células do cordão e da medula óssea, colaborando com as suas atividades, tanto nas campanhas publicitárias, quanto na coleta e estocagem de sangue do cordão umbilical²¹. Já a presença da UFMG entre as instituições mais produtivas deve-se, em parte, ao fato de ser uma das principais instituições responsáveis pelo registro de patentes neste campo, junto com a USP²¹. Esses resultados reforçam a interação existente entre artigos e patentes²², ou seja, entre atividades da ciência e a tecnologia.

As universidades estrangeiras University of Michigan, University of California, Harvard University e University of Texas aparecem entre as mais produtivas por atuarem em colaboração com algumas das instituições nacionais, como HIAE, USP, UFRJ e UFRGS. Observa-se que, de um modo geral, não houve oscilação da produção de parte das instituições, com exceção do período posterior à promulgação da Lei da Biossegurança, cujas consequências incluem o aumento da produção científica das instituições mencionadas. Assim, pode-se inferir que a pesquisa sobre células-tronco, embora recente no Brasil, tenderá a ser explorada por todas essas instituições nos próximos anos.

Em relação às regiões geográficas do País, verifica-se que existe forte concentração da pesquisa no Sudeste, conforme tendência apontada por estudo anterior²³, com aparentes parcerias entre pesquisadores não apenas de outros estados, como também de outros países (maior detalhamento na Figura 1). A pesquisa concentrada em instituições públicas de ensino e pesquisa retrata uma realidade brasileira, bem como atribui maior visibilidade às instituições em âmbito internacional em função da colaboração estabelecida com instituições estrangeiras²³.

Outro aspecto observado foi a classificação dos documentos brasileiros sobre o tema células-tronco segundo as categorias de assunto da WoS. As categorias referem-se à classificação de assunto da base atribuída aos periódicos e, portanto, aos artigos por eles publicados. Cabe destacar que as bases de dados tendem a atribuir mais de uma categoria na classificação de assunto dos periódicos²⁴, de modo que a mesma publicação pode ser classificada em diferentes áreas temáticas.

As publicações brasileiras sobre células-tronco que integram o *corpus* da pesquisa que fundamenta este artigo foram indexadas em 108 das 249 categorias da WoS (43,4%), indicando ampla variabilidade temática e forte interdisciplinaridade. Observa-se que 1.091 documentos foram indexados em apenas uma categoria e o número médio de categorias atribuídas ao conjunto de dados foi de 3,5. O Gráfico 3 apresenta as principais categorias de classificação dos documentos, incluindo as áreas que registraram 100 ou mais documentos no período.

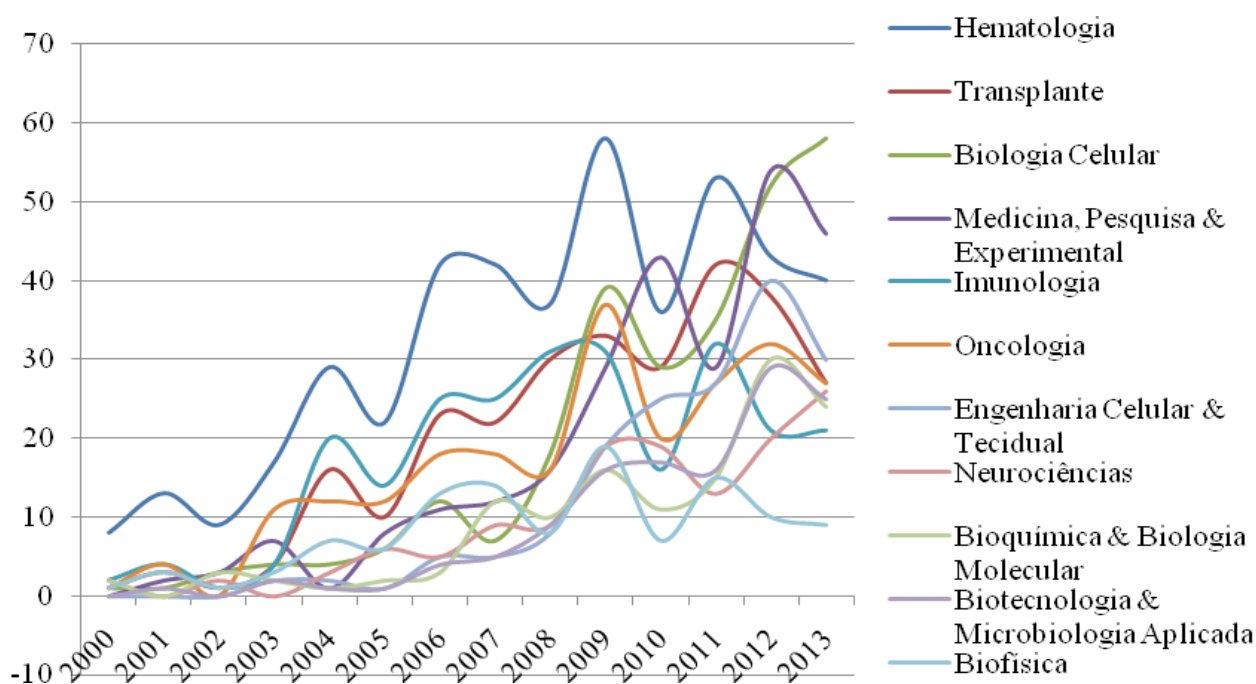


Gráfico 3 – Principais categorias de assunto da WoS na produção científica brasileira sobre células-tronco (2000-2013)
Fonte: Dados da pesquisa.

Verifica-se que todas as categorias sofreram oscilações de crescimento ao longo do tempo. Algumas delas acompanham outras no decorrer do período, pois as linhas que as representam seguem padrões semelhantes. A hematologia, com 449 documentos (10,8%), foi a categoria que mais se destacou no período, registrando pequeno decréscimo a partir de 2011. A importância da área justifica-se por seu caráter pioneiro nas pesquisas com células-tronco no Brasil, reconhecido antes mesmo da promulgação da Lei de Biossegurança. Machado e Leta¹¹ identificaram a hematologia como a principal área da pesquisa brasileira sobre células-tronco no período de 1991 a 2010 e a mesma liderança nas pesquisas foi identificada por Cantos-Mateos e colaboradores⁹ nas pesquisas espanholas realizadas entre 1997 e 2007. O destaque e o pioneirismo da área também ocorrem no contexto global, o que se justifica especialmente pela tradição nas pesquisas, uma vez que o sangue foi considerado fonte de células-tronco desde o final da década de 1950³.

A categoria transplante também recebe destaque nas pesquisas brasileiras, pois reúne 279 documentos (6,7%). Esta área apresenta comportamento semelhante à imunologia, que ocupa a quinta posição entre as categorias e reuniu 247 documentos (5,9%). As duas áreas registram quedas em 2002, 2005, 2007, 2010 e 2012 e seu ápice foi atingido em 2009, com crescimento igualmente significativo em 2011. Assim como

a hematologia, as duas áreas têm tradição nas pesquisas sobre o tema, especialmente a primeira, já que o primeiro transplante de células-tronco foi realizado em 1955 nos EUA³. Considera-se natural, portanto, que temáticas relativas à hematologia e ao transplante sejam mais recorrentes na pesquisa brasileira sobre células-tronco, acompanhando as tendências temáticas verificadas no contexto nacional e internacional.

As categorias biologia celular, oncologia e biofísica, com respectivos 269 (6,4%), 235 (5,9%) e 116 (2,8%) documentos, obtiveram comportamento semelhante em relação ao crescimento registrado no período, especialmente a partir de 2008. A biologia celular dedica-se ao estudo da estrutura, comportamento, crescimento, reprodução e patologia das células, além da análise da função e química dos componentes celulares²⁵, de modo que tem importância singular no desenvolvimento de células-tronco, assim como outras áreas de cunho básico e experimental identificadas na pesquisa. O crescimento registrado pela área nos últimos anos indica uma tendência de crescimento das pesquisas sobre o tema, acompanhando a maior incidência nas pesquisas brasileiras verificada por Machado e Leta¹¹ no período 2006 a 2010. A oncologia, por sua vez, tem caráter mais clínico e ocupa a sexta posição em número de documentos brasileiros publicados entre 2000 e 2013, indicando a importância da pesquisa com células-tronco para o tratamento de neoplasias em pacientes com câncer.

As categorias medicina, pesquisa & experimental, com 261 (6,2%) documentos, engenharia celular & tecidual, com 164 documentos (3,9%), e bioquímica & biologia molecular, com 131 documentos (3,1%) apresentaram seu ápice no final do período, primeiro em 2009 e, após uma leve queda, novamente em 2011. Desta forma, os dados apontam para uma tendência de crescimento nos próximos anos, confirmando os resultados obtidos por Machado e Leta¹¹. O decréscimo no último ano pode estar relacionado com a velocidade da publicação e indexação dos documentos, referida anteriormente. As três áreas dedicam-se especialmente à pesquisa básica e experimental e seus resultados podem ser associados a importantes avanços na pesquisa global³, especialmente no que se refere à clonagem e à manipulação e reprogramação genética de células-tronco.

As categorias neurociências, com 133 dos documentos (3,2%), e biotecnologia & microbiologia aplicada, com 126 documentos (3,4%) registraram maior crescimento entre 2010 e 2012. A alta produtividade das neurociências pode ser associada à amplitude da área e sua expansão no cenário atual²⁶, com destaque para as pesquisas sobre células-tronco neuronais e terapia celular contra doenças neuromusculares. As pesquisas em biotecnologia, por sua vez, têm por base o uso de organismos, células ou componentes derivados de células para desenvolver produtos técnica, científica e clinicamente úteis²⁷. A área tem forte potencial no estudo de células-tronco, relacionando-se com áreas igualmente significativas para as pesquisas sobre o tema no Brasil, como engenharia celular & tecidual, bioquímica & biologia molecular, entre outras.

A variabilidade de categorias de assunto representadas nos documentos reflete aspectos da interdisciplinaridade existente nas pesquisas sobre o tema. A característica é comum a diversas áreas do conhecimento na atualidade²⁸⁻²⁹ e se mostra bastante presente nas áreas biomédicas, especialmente quando os temas de pesquisa exploram conhecimentos e recursos de diversos campos, como é o caso das células-tronco.

Principais periódicos utilizados para publicação

A Lei de Bradford foi aplicada para a verificação do núcleo de produtividade dos periódicos, ou seja, para identificar os principais títulos responsáveis pela publicação dos documentos. A distribuição da produção entre os principais periódicos publicadores é apresentada na Tabela 1, seguida do país de publicação, do fator de impacto 2013 e do quartil relativo ao impacto alcançado por cada periódico nas áreas de classificação da WoS.

Tabela 1 - Núcleo de periódicos que veiculam a produção científica brasileira sobre células-tronco

	Título do periódico	Freq.	%	País de publicação	Fator de impacto (FI)	Quartil
1	Blood	95	4,29	EUA	9.775	Q1
2	Bone Marrow Transplantation	94	4,24	Inglaterra	3.466	Q2
3	Biology of Blood and Marrow Transplantation	62	2,80	EUA	3.348	Q2
4	Brazilian Journal of Medical and Biological Research	42	1,89	Brasil	1.034	Q3 e Q4
5	PLOs One	42	1,89	EUA	3.534	Q1
6	Stem Cells and Development	31	1,40	EUA	4.202	Q1 e Q2
7	Cell Transplantation	28	1,26	EUA	3.570	Q1, Q2 e Q3
8	FASEB Journal	21	0,95	EUA	5.480	Q1
9	Transfusion	20	0,90	EUA	3.568	Q2
10	Stem Cell Reviews and Reports	19	0,86	EUA	3.214	Q2 e Q3
11	Transplantation Proceedings	18	0,81	EUA	0.984	Q3 e Q4
12	Neuromuscular Disorders	17	0,77	EUA	3.134	Q2
13	Haematologica - The Hematology Journal	17	0,77	Itália	5.868	Q1
14	Cytotherapy	17	0,77	Inglaterra	3.100	Q2 e Q3
15	Acta Cirúrgica Brasileira	15	0,68	Brasil	0.570	Q4
16	Stem Cells	15	0,68	EUA	7.133	Q1
17	Cell and Tissue Research	14	0,63	Alemanha	3.333	Q3
18	Experimental Hematology	14	0,63	EUA	2.806	Q2
19	Nephrology Dialysis Transplantation	14	0,63	Inglaterra	3.488	Q1 e Q2
20	Arquivos Brasileiros de Oftalmologia	14	0,63	Brasil	0.440	Q4
21	Journal of Endodontics	14	0,63	EUA	2.788	Q1
22	Circulation	13	0,59	EUA	14.948	Q1
23	Tissue Engineering Part A	13	0,59	EUA	4.254	Q1 e Q2
24	Pesquisa Veterinária Brasileira	12	0,54	Brasil	0.437	Q3
25	Arquivos de Neuro-Psiquiatria	12	0,54	Brasil	1.006	Q3 e Q4
26	Cytometry Part A	12	0,54	EUA	3.066	Q2 e Q3
27	Ciência Rural	12	0,54	Brasil	0.401	Q4
28	Reproduction Fertility and Development	12	0,54	Austrália	2.577	Q1, Q2 e Q3
29	Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia	11	0,50	Brasil	0.198	Q4
30	Arquivos Brasileiros de Cardiologia	11	0,50	Brasil	1.124	Q4
	Periódicos da 2ª zona (145 títulos)	737	33,24	-	-	-
	Periódicos da 3ª zona (569 títulos)	749	33,78	-	-	-
	Total	2.217	100			

Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se que o periódico *Blood* aparece como o principal título responsável pela produção científica sobre células-tronco no início do período. Assim como esse periódico, boa parte dos principais títulos está relacionada à área de hematologia, além de áreas como transplante, biologia celular e biologia geral. Este fato demonstra certa correlação com as categorias de assunto da WoS apresentadas anteriormente. Percebe-se também uma relação entre diferentes disciplinas e os periódicos científicos, comprovando a tendência de interdisciplinaridade existente em diversos campos científicos na atualidade²⁸⁻²⁹.

Os países de publicação dos principais periódicos que veiculam a produção científica brasileira sobre células-tronco indicam a internacionalização da pesquisa pelo aspecto da divulgação dos resultados em periódicos estrangeiros. Observa-se que dos 30 títulos do núcleo, 16 (53,4%) são publicados nos EUA, oito (26,7%) procedem do Brasil e três (10,0%), da Inglaterra. Países como Alemanha, Austrália e Itália estão representados por um periódico cada (3,3%) entre os principais títulos utilizados para publicação.

Em relação ao impacto alcançado pelos periódicos, percebe-se um FI acentuadamente superior dos títulos estrangeiros em relação aos brasileiros. Os periódicos *Circulation* e *Blood*, ambos dos EUA, destacam-se nessa medida, com FI 14.948 e 9.775, respectivamente. A ocorrência de valores mais elevados no que diz respeito ao FI de títulos estrangeiros pode indicar maior circulação desses periódicos e seu uso mais amplo pela comunidade científica internacional, embora também possa representar um grau elevado de exigência dos editores estrangeiros no que se refere à qualidade dos trabalhos publicados³⁰. A classificação da maior parte dos periódicos do núcleo nos quartis 1 e 2 também sugere maior possibilidade de difusão da ciência brasileira por meio de citações, além de contribuir para a ampliação da visibilidade e do impacto das publicações.

Outro aspecto observado nos periódicos do núcleo foi o idioma de publicação. Verificou-se que 24 (80,0%) deles têm o inglês como o idioma padrão, três (10,0%) utilizam o português e dez (30,0%) são multilíngues. A predominância do inglês como principal idioma da produção científica pode ser associada à sua aceitação como idioma oficial da ciência^{15,17}, como apontado anteriormente, além do fato de que a WoS é predominantemente composta por periódicos publicados nesse idioma.

Colaboração internacional

A colaboração internacional pode ser considerada uma das expressões mais explícitas da internacionalização da ciência, pois revela a associação dos países em projetos de pesquisa colaborativos, integrando recursos e competências voltados para o alcance de objetivos comuns³¹. A pesquisa sobre células-tronco também alcança o enfoque internacional na medida em que reúne pesquisadores de diversos países e instituições em projetos de investigação de interesse comum, ainda que sigam orientações e normas distintas. O apelo internacional e a importância da questão em países do mundo todo também contribuem para a formação de redes internacionais de pesquisa.

A produção científica brasileira sobre células-tronco analisada neste estudo alcançou o índice de 31,3% de colaboração internacional (694 documentos) e reuniu 56 países parceiros. As relações de colaboração e as posições de centralidade assumidas pelos países na rede de colaboração podem ser visualizadas na figura a seguir.

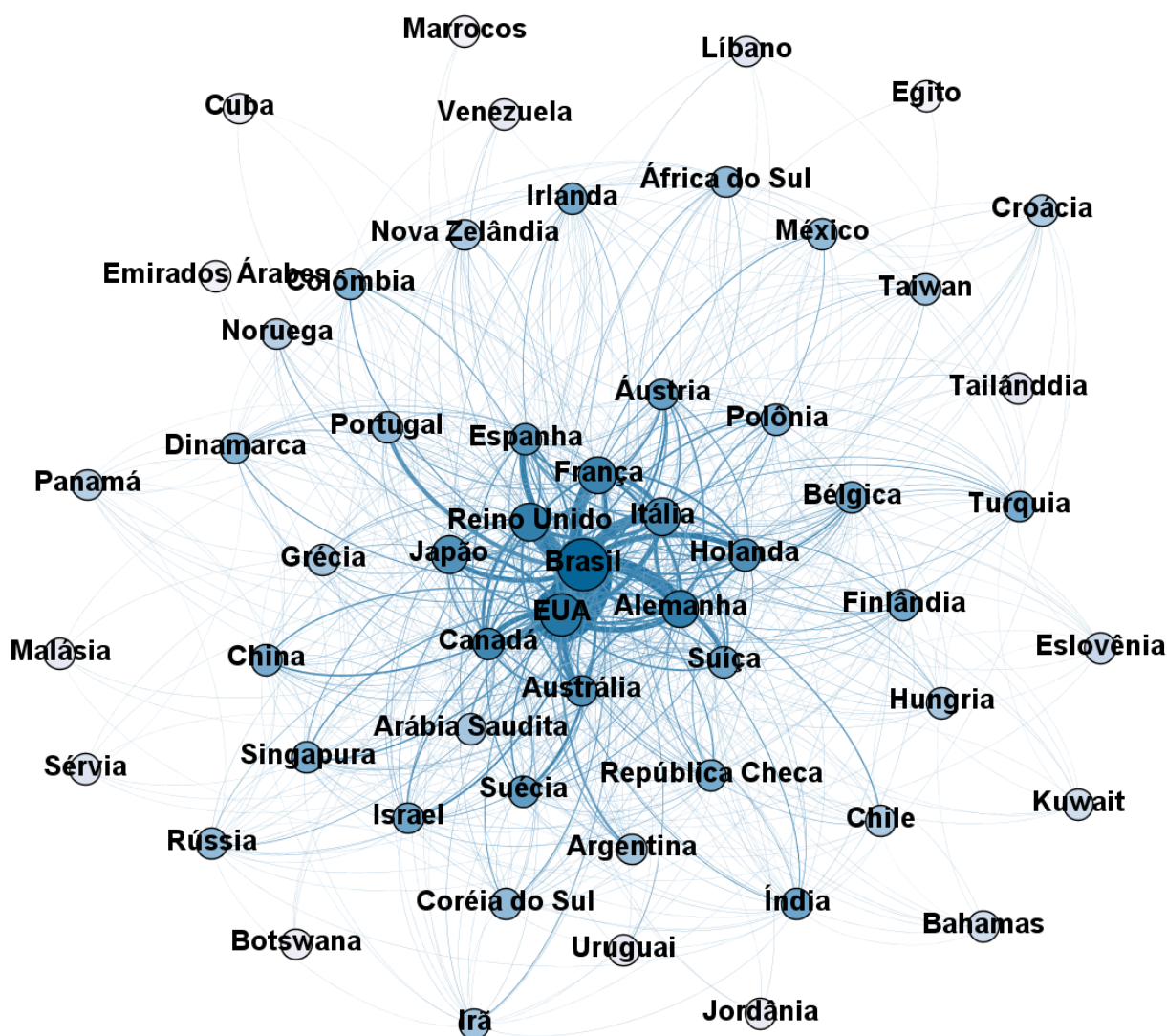


Figura 1 – Rede de colaboração internacional na produção científica brasileira sobre células-tronco (2000-2013)
 Fonte: Dados da pesquisa.

Os 56 países parceiros estão representados na rede, cujas conexões foram definidas com o uso do algoritmo Force Atlas do Gephi. O tamanho e a posição dos círculos revelam a centralidade dos principais países e são proporcionais à colaboração estabelecida com o Brasil nas pesquisas sobre o tema. A tonalidade azul escura atribuída aos círculos centrais e às arestas mais espessas reforça a centralidade dos países e a intensidade das relações de colaboração. Observa-se que os principais países colaboradores são EUA, com 413 documentos (18,6%); Alemanha, com 110 (5,0%); França, com 93 (4,2%); Itália e Reino Unido, com 81 cada (3,6%); Canadá, com 64 (2,9%); e Espanha, com 46 documentos (2,1%).

A posição dos EUA como o principal parceiro do Brasil nas pesquisas sobre células-tronco acompanha a tendência de maior participação daquele país na pesquisa brasileira^{23,32-33}, embora o índice de coautoria do país se mostre superior neste estudo (59,5% dos documentos produzidos em colaboração internacional). Cabe destacar que as pesquisas sobre o tema nos EUA, Itália e Alemanha seguem normas diferenciadas, enquanto França e Reino Unido adotam legislação semelhante à brasileira². Estas configurações podem interferir de diversas formas na colaboração estabelecida com o Brasil, onde a legislação se apresenta favorável às pesquisas com células-tronco.

Outro aspecto que merece destaque é a ausência da Argentina entre os principais países colaboradores. O país, apontado como um dos principais parceiros do Brasil por estudos anteriores^{23,33}, registrou

coautoria em apenas 15 artigos no conjunto de dados analisado. A falta de um marco legal sobre a pesquisa com células-tronco naquele país pode ser considerado um importante fator para o baixo índice de coautoria registrado com o Brasil, embora a Argentina apresente forte potencial de pesquisa nas áreas biomédicas².

Destaca-se, por fim, a diversidade geográfica existente entre os países colaboradores. A rede de colaboração apresentada na Figura 1 registra a participação de países de diversos continentes nas pesquisas brasileiras. A configuração é favorável à internacionalização da produção científica brasileira, uma vez que a coautoria com autores de diversos países pode influenciar positivamente a difusão e o impacto internacional das publicações, além de apontar novas possibilidades de colaboração internacional.

Considerações finais

Os resultados do estudo revelam uma tendência de crescimento contínuo da produção científica brasileira sobre células-tronco a partir da regulamentação das pesquisas viabilizada pela Lei de Biossegurança, em 2005. O crescimento acompanha a tendência internacional de autorização do uso de células-tronco nas pesquisas como forma de ampliar os conhecimentos sobre o tema e explorar as potencialidades terapêuticas das células-tronco no tratamento e na cura de doenças sem outras possibilidades de assistência médica. Fatores como o investimento público nas pesquisas, a criação da RNTC e do LaNCE assim como a internacionalização crescente da ciência brasileira também contribuíram para aumentar a presença do Brasil no contexto internacional, atribuindo-lhe papel de destaque na América Latina.

A produção científica brasileira sobre células-tronco caracteriza-se pela variabilidade temática própria de um assunto que é objeto de estudo de diversas disciplinas das áreas biológicas e da saúde e acompanha as tendências internacionais de pesquisa. A distribuição dos documentos por área do conhecimento segundo as categorias de assunto da WoS revela a prevalência de áreas como hematologia, transplante, biologia celular, medicina, pesquisa experimental e imunologia. Aspectos da pesquisa básica e da pesquisa clínica ou aplicada são evidenciados nesses resultados, sugerindo que a soma de esforços das diversas disciplinas tem grande importância para o avanço dos conhecimentos e a obtenção de melhores resultados terapêuticos com o uso de células-tronco.

A produção científica sobre células-tronco encontra-se concentrada, como é comum no contexto brasileiro, nas instituições públicas de ensino e pesquisa, com grande incidência de colaboração institucional, tanto no âmbito nacional como internacional. Entre as instituições mais produtivas nessa temática, destacam-se a USP e a UFRJ como agentes centrais, que além de compartilhar a gestão do LaNCE também participam da RNTC. A região Sudeste se destaca ainda pela importância assumida por essas outras: Unifesp, Unicamp, UFMG, Unesp, Inca, Fiocruz e HIAE. Já a região Sul está representada pela UFRGS e a UFPR.

A presença da produção científica brasileira em periódicos brasileiros e estrangeiros demonstra a difusão dos resultados das pesquisas em diversos países, com destaque para EUA, Brasil e Inglaterra entre os periódicos do núcleo de produtividade. Neste conjunto, destacam-se os títulos associados às áreas de hematologia, transplante e biologia celular, acompanhando a tendência verificada na análise temática, e com FI relativamente elevado, especialmente no caso dos periódicos estrangeiros.

A pesquisa brasileira sobre células-tronco também apresenta um índice significativo de colaboração internacional nos anos do período de 2000 a 2013. O percentual de 31,3% de colaboração com pesquisadores de outros países sugere a participação do Brasil em projetos de investigação de interesse global e amplia as possibilidades de difusão e impacto da produção científica no cenário internacional. O número de países parceiros indica a amplitude da colaboração e sua diversidade geográfica, ainda que os principais parceiros se concentrem na Europa e na América do Norte, como é o caso de EUA, França, Itália, Reino Unido, Canadá e Espanha.

Avalia-se, por fim, que o Brasil tem-se estabelecido como um importante agente nas pesquisas sobre células-tronco, tanto pelo crescimento do número de publicações como pela colaboração estabelecida com

importantes países parceiros. Estudos futuros podem se dedicar a análises comparativas da produção científica brasileira sobre células-tronco e a de outros países, de modo a avaliar o estágio de desenvolvimento da pesquisa no País com base no desempenho global. O impacto da produção científica também se configura como importante objeto de pesquisa, pois pode indicar o alcance e o uso das publicações no meio científico internacional.

Referências

1. Packer A. Os periódicos brasileiros e a comunicação da pesquisa nacional. *Revista USP*. 2011;89:26-61.
2. Diniz D, Avelino D. Cenário internacional da pesquisa em células-tronco embrionárias. *Revista Saúde Pública*. 2009;43(3):541-7.
3. Barfoot J, Kemp E, Doherty K et al. *Stem cell research: trends and perspectives on the evolving international landscape*. Amsterdam: Elsevier; 2013.
4. Brasil. Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005. Brasília; 2005.
5. Corrêa JBC. Ester type lignin xylan linkages in the cell wall of stems of mimosa scabrella. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 1987;59(3):179-84.
6. Velho L. Indicadores científicos: em busca de uma teoria. Caracas: Interciencia. 1990;15(3):139-45.
7. Vanz SAS, Stumpf IRC. Procedimentos e ferramentas aplicados aos estudos bibliométricos. *Informação & Sociedade: Estudos*. 2010;20(2):67-75.
8. Li L-L, Ding G, Feng N, Wang M-H et al. Global stem cell research trend: Bibliometric analysis as a tool for mapping of trends from 1991 to 2006. *Scientometrics*. 2009;80(1):39-58.
9. Cantos-Mateos, Vargas-Quesada B, Chinchilla-Rodríguez Z, Zulueta MA. Stem cell research: bibliometric analysis of main research areas through KeyWords Plus. *Aslib Proceedings*. 2012;64(6):561-90.
10. An X, Wu Q. Co-word analysis of the trends in stem cells field based on subject heading weighting. *Scientometrics*. 2011;88(1):133-44.
11. Machado R, Leta J. Trends of intellectual and cognitive structures of stem cell research: a study of Brazilian scientific publications. *Conference of International Society of Scientometrics and Informetrics; 2013; Viena: Austrian Institute of Technology*.
12. Pinheiro LVR. Lei de Bradford: uma reformulação conceitual. *Ciência da Informação*. 1983;15(2):59-80.
13. Brasil. Ministério da Saúde. Fomento às pesquisas em terapia celular e células-tronco no Brasil. *Revista de Saúde Pública*. 2010;44(4):763-6.
14. Testa J. *Regional content expansion in Web of Science: opening borders to exploration*. Thomson Reuters; 2010.
15. Meadows JA. *A comunicação científica*. Brasília: Briquet de Lemos; 1999.
16. Almeida ECE, Guimarães JA. Brazil's growing production of scientific articles: how are we doing with review articles and other qualitative indicators? *Scientometrics*. 2013;97(2):287-315.
17. Iglesias SRA, Batista NA. A língua inglesa e a formação de mestres e doutores na área da saúde. *Revista Brasileira de Educação Médica*. 2010;34(1):74-81.
18. Brasil. Ministério da Educação. Hospital Universitário Clementino Fraga Filho. Laboratório Nacional de Células-Tronco Embrionárias. [citado em 12 jan. 2015]. Disponível em: <http://www.hucff.ufrj.br/pesquisa/laboratoriosenucleos/lance>.
19. Laboratório Nacional de Células-tronco Embrionárias. LaNCE. [citado em 22 fev. 2015]. Disponível em: <http://www.lance-ufrj.org>.
20. Rede Nacional de Terapia Celular. Centros de tecnologia celular. [citado em 22 fev. 2015]. Disponível em: <http://www.rntc.org.br/centros-de-tecnologia-celular.html>.
21. Acero L. *Pesquisas e terapias com células-tronco: governança, visões sociais e o debate no Brasil*. Rio de Janeiro: E-papers; 2011.

22. Moura AMM. A interação entre artigos e patentes: um estudo cientométrico da comunicação científica e tecnológica em Biotecnologia. [tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2009.
23. Leta J, Chaimovich H. Recognition and international collaboration: the Brazilian case. *Scientometrics*. 2002;53(3):325-35.
24. López-Illescas C, de Moya-Anegón F, Moed HF. Coverage and citation impact of oncological journals in the Web of Science and Scopus. *Journal of Informetrics*. 2008;2(4):304-16.
25. National Institutes of Health. National Library of Medicine. Medical subject Headings: Cell biology. 2010. [citado em 12 fev. 2015]. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh>.
26. Ventura DF. Um retrato da área de neurociência e comportamento no Brasil. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*. 2010;26(nesp):123-9.
27. National Institutes of Health. National Library of Medicine. Medical Subject Headings: Biotechnology. 1987. [citado em 6 fev. 2015]. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh>.
28. Kobashi NY, Santos RNM. Institucionalização da pesquisa científica no Brasil: cartografia temática e de redes sociais por meio de técnicas bibliométricas. *Transinformação*. 2012;18(1):27-36.
29. Hjørland B, Nicolaisen J. Bradford's Law of scattering: ambiguities in the concept of "Subject". In: Crestani F, Ruthven I, editors. *Context: Nature, Impact, and Role. Lecture Notes in Computer Science*. 3507: Springer Berlin Heidelberg; 2005. p. 96-106.
30. Meneghini R, Fonseca L. Índices alternativos de avaliação da produção científica em bioquímica no Brasil. *Ciência e Cultura*. 1990;42(9):629-45.
31. Sebastián J. El Manual de Santiago: una guía para medir la internacionalización de la I+D. In: Albornoz M, Vogt C, Alfaraz C, editors. *Indicadores de ciencia y tecnología em iberoamérica: agenda 2008*. Buenos Aires: RYCyT; 2008. p. 167-93.
32. Glänzel W, Leta J, Thijs B. Science in Brazil. Part 1: a macro-level comparative study. *Scientometrics*. 2006;67(1):67-86.
33. Vanz SAS, Stumpf IRC. Scientific output indicators and scientific collaboration network mapping in Brazil. *Collnet Journal of Scientometrics and Information Management*. 2012;6(2):1-20.