

INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS DE PUBLICAÇÕES SOBRE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Leonardo P. Marcos – leopmarcos@outlook.com

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PPG-CEM/UFSCar
Núcleo de Informação Tecnológica em Materiais – NIT (DEMa/UFSCar)
Rodovia Washington Luís, km 235, Monjolinho
13565905 – São Carlos – São Paulo

Daniel R. Leiva – daniel.leiva@ufscar.br

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PPG-CEM/UFSCar
Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa/UFSCar)
Núcleo de Informação Tecnológica em Materiais – NIT (DEMa/UFSCar)
Rodovia Washington Luís, km 235, Monjolinho
13565905 – São Carlos – São Paulo

Resumo: *Com a crescente oferta de cursos de engenharia ao redor do mundo e a democratização dos conhecimentos técnicos correlatos, os problemas e deficiências enfrentados para a transmissão desses conhecimentos ficam mais evidentes. Em busca de soluções para esta problemática, pesquisadores ao redor do mundo têm se dedicado a estudar cientificamente a educação em engenharia. Este trabalho insere-se neste contexto com o objetivo de aplicar técnicas de bibliometria em dados recuperados da base Web of Science para elaborar indicadores desta área científica, permitindo assim a identificação das principais instituições, regiões, grupos de pesquisa e fontes de publicação na área, bem como as tendências de temas de pesquisa. Foi possível constatar que os EUA são o país com maior atividade na área, principalmente pelo papel da American Society for Engineering Education (ASEE) nesta realidade, e que a representatividade da produção científica brasileira fica em torno de 1% para este campo.*

Palavras-chave: Educação em engenharia. Bibliometria. Produção científica.

1. INTRODUÇÃO

Recentemente, no Brasil, muito tem se discutido a respeito da formação dos engenheiros e da necessidade de readequação do ensino de engenharia para melhor atender às necessidades da indústria (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2015; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2016), bem como para melhor atender aos próprios estudantes, de forma a resultar em aprendizados mais engajantes e impactantes. Porém, o ensino de engenharia também é trabalhado ao redor do mundo como uma área de pesquisa científica, e muitas metodologias, técnicas e discussões relevantes podem ser encontradas na literatura. Portanto, entender como esta área está estruturada pode fornecer um panorama sobre os tipos de informação disponíveis para serem empregadas na melhoria do ensino, e também para indicar especialistas no assunto.

Indicadores de ciência e tecnologia — sejam eles quantitativos ou qualitativos — podem ser utilizados como medidas de atividade de regiões, instituições, grupos ou até mesmo autores com relação aos seus impactos de divulgação científica na sociedade. Este tipo de informação particularmente chama a atenção daqueles que elaboram políticas de investimento em pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico, como forma de justificar tais investimentos (NARIN, 1996; OKUBO, 1997).

Assim, tais indicadores acabam tendo aplicação, em alguns casos, em atividades de prospecção científica e tecnológica, isto é, para identificar o comportamento de determinado assunto na comunidade científica. Porém, é necessário um cuidado ao analisar tais indicadores, pois estes são dados estatísticos que medem algo intangível e indicam tendências, não podendo ser tomados como absolutos (OKUBO, 1997; GREGOLIN, 2004). Dessa forma, dependem da experiência e conhecimento do analista para a tomada de decisões futuras.

Nesse sentido, a bibliometria se encaixa como uma ferramenta capaz de gerar tais indicadores. De forma mais específica, entrega tais resultados com base em uma análise da totalidade recuperada sob a forma de registros como, por exemplo, de publicações científicas de uma área de interesse. Funciona essencialmente como uma mineração de textos capaz de gerar estatísticas a partir de termos recorrentes, sejam estes termos autores, instituições, ou parte da essência da temática abordada (OKUBO, 1997). As bases de dados que realizam a indexação de literatura científica atribuem as informações das publicações a campos, de maneira que seja simples trabalhar com os dados recuperados de tais. Cada base de dados possui seus próprios critérios para seleção dos conteúdos que são indexadas, de modos que algumas são focadas em áreas específicas — como o *Engineering Village* — e outras são multidisciplinares — como a *Web of Science* e *Scopus*.

Considerando os aspectos mencionados, este trabalho se propôs a elaborar indicadores a respeito da pesquisa científica na temática de ensino de engenharia, através de bibliometria e de registros de publicações indexadas na *Web of Science* como fonte de consulta. Foram analisados: o histórico das publicações, a distribuição destas por instituições, as principais temáticas abordadas, e os meios de publicação mais importantes para a área (aqui incluindo revistas, anais de congressos, entre outros).

2. METODOLOGIA

Com o objetivo de encontrar o máximo possível da literatura publicada em nível internacional a respeito de temáticas relacionadas à educação em engenharia, foi escolhida uma base de dados que fosse multidisciplinar, assim como o tema: a *Web of Science*, que conta com critérios rigorosos para seleção de periódicos e anais de congressos que serão indexados (CLARIVATE ANALYTICS, c2019; TESTA, c2019). O desenvolvimento da expressão de busca final contou com um processo de iteração a partir da realização de consultas e análise dos resultados retornados.

Logo de início, a presença das palavras-chave “*engineering*” e “*education*” na expressão de busca foram identificadas como essenciais, pois, em conjunto, englobam precisamente o assunto que se desejava avaliar. Assim, a primeira busca conteve apenas estes dois termos, e uma análise dos resultados retornados pela base mostrou que muitas publicações indesejadas foram incluídas nesta primeira tentativa, em que os dois termos apareciam nas publicações, mas de maneiras não correlacionadas. A título de exemplo, um dos artigos retornados tratava de uma revisão de aplicações de impressão 3D para engenharia de componentes biocompatíveis, e trazia “*educação*” como outra aplicação já estudada para a técnica de fabricação.

Com esta deficiência em mente, a próxima iteração da expressão de busca objetivou forçar a correlação dos dois termos utilizados anteriormente de forma a eliminar publicações

como a exemplificada. Para tanto, foi utilizado o operador de busca NEAR/2, que estabelece que os termos conectados podem aparecer a uma distância máxima de duas palavras entre si, o que permitiu englobar frases como “*engineering education*” e “*education of engineering*”. Uma nova análise dos resultados mostrou que as ocorrências indesejadas já não figuravam em amostragens aleatórias de publicações retornadas.

Para a iteração seguinte, o objetivo foi aumentar a abrangência da pesquisa pensando em termos correlatos que poderiam ser relevantes para a temática buscada, devido à natureza exploratória deste trabalho. Assim, foi incorporado o termo “*teaching*”, acoplado a “*engineering*” também com o operador NEAR/2 para evitar problemas como o da primeira iteração. Outro termo importante identificado nas análises das buscas anteriores é a sigla *STEM* — *Science, Technology, Engineering and Mathematics* — frequentemente utilizada na literatura em inglês para abordagens de ensino de ciências exatas e tecnológicas.

A introdução do termo *STEM*, porém, trouxe outro problema: seu uso no contexto de interesse aparece fortemente relacionado a estudos focados em ensino fundamental. Assim, o operador NOT foi usado com a palavra “*middle*”, presente na expressão “*middle school*”, que designa o ensino fundamental em inglês, para impedir a ocorrência de resultados desse contexto.

Por fim, foi utilizado um filtro da própria *Web of Science* para que os resultados sejam somente aqueles indexados nas categorias internas da base de “*Education Scientific Disciplines*” ou “*Education Educational Research*”. A expressão final de busca utilizada, é, portanto, como a que consta no Quadro 1.

Quadro 1: Expressão de busca e resultados retornados na base Web of Science (Core Collection). Busca realizada em 23 nov. 2018.

Expressão de busca final	Filtros utilizados (categorias da <i>Web of Science</i>)	Número de resultados
((engineering NEAR/2 education) OR (STEM NEAR/2 education) OR (engineering NEAR/2 teaching) OR (STEM NEAR/2 teaching)) NOT middle)	Disciplinas científicas de educação (<i>Education scientific disciplines</i>); Pesquisa educacional (<i>Education educational research</i>).	11.568

Fonte: Autores.

Os resultados obtidos na *Web of Science* conforme a expressão de busca detalhada no Quadro 1 foram então exportados da base de dados em arquivos de texto, que posteriormente foram importados e tratados no programa *VantagePoint* v5.0, incluindo padronização dos nomes dos autores, instituições e países das publicações. Os dados tratados foram então exportados para um software de planilhas eletrônicas, e foram elaborados os gráficos apresentados na seção de resultados.

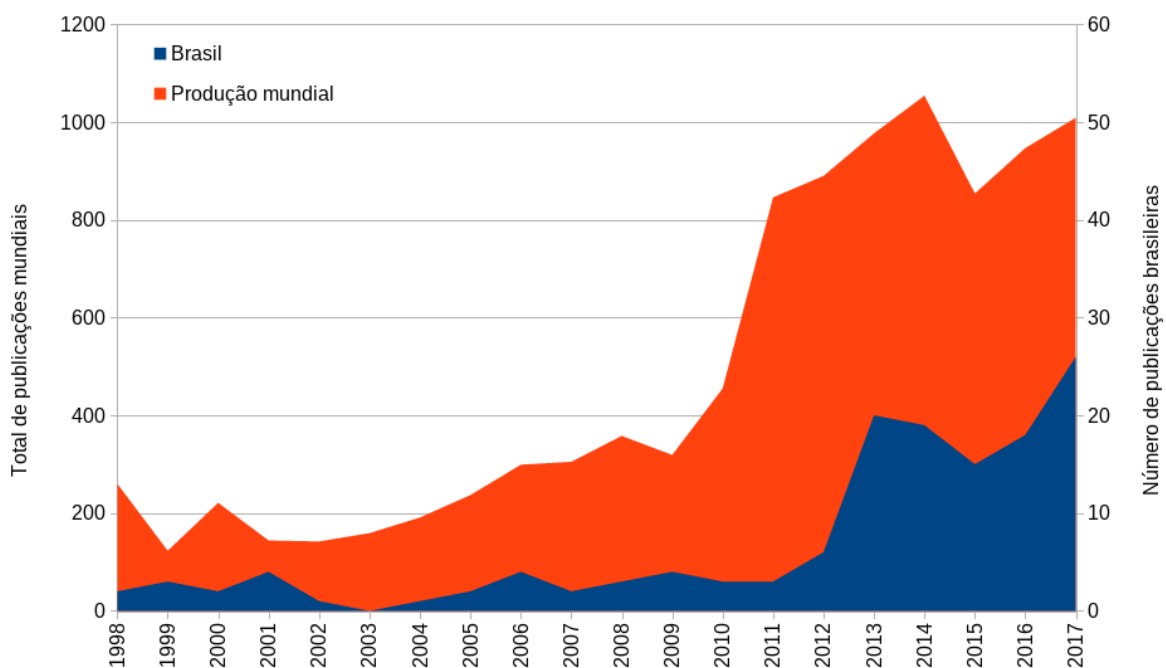
3. RESULTADOS

Observando inicialmente a Figura 1, que nos mostra o total de publicações retornadas entre os anos de 1998 e 2017 para a expressão de busca desenvolvida, é possível identificar que, para o período analisado, a quantidade de publicações se mantinha relativamente estável até meados de 2003, quando apresentou um primeiro crescimento, e entre 2010 e 2013, o número de publicações aumentou em uma taxa muito superior à dos períodos anteriores.

Ao que as investigações conduzidas dentro do contexto desse trabalho apontam, essa explosão observada em 2011 se deu pela indexação dos anais dos congressos da *American Society for Engineering Education (ASEE)*, que ocorreu apenas para os anos de 2011 a 2014 na *Web of Science*. Assim, por se tratarem de eventos de grandes proporções — contam geralmente com quantidades superiores a 1000 trabalhos por ano — e por possuírem grande proximidade aos termos buscados, justifica-se o crescimento observado. Por outro lado, mesmo com os anais das conferências da *ASEE* deixando de ser indexados pela base utilizada após 2014, o nível de publicações não caiu de maneira muito significativa, o que sugere um aumento no número de publicações de outras fontes.

A produção brasileira, no que lhe concerne, também apresentou um salto de produtividade, porém, com um certo atraso em relação ao internacional, e provavelmente não está relacionado com as conferências da *ASEE*. Ainda assim, mesmo com o crescimento observado em 2013, a quantidade de publicações que contam com ao menos um autor brasileiro é muito baixa quando comparada ao restante do mundo, fato exaltado pela Figura 2, onde a participação brasileira foi inserida para fins de comparação com os 5 países mais ativos na temática estudada.

Figura 1: Publicações científicas na área de educação em engenharia indexadas na Web of Science para o Brasil e para o mundo. O ano de 2018 foi desconsiderado por ser o ano da busca, e registros correspondentes ainda poderiam não ter sido indexados.



Fonte: Autores e Web of Science

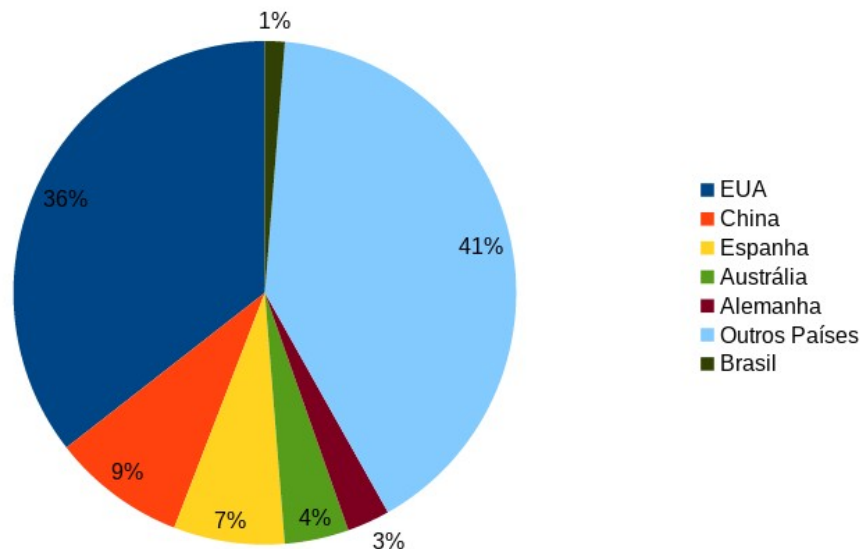
As Figuras 2 e 3 mostram, em conjunto, a dominância dos Estados Unidos em publicações científicas para a área de ensino de engenharia, com especial destaque à participação da *Purdue University*. Investigações adicionais foram realizadas para entender a representatividade estadunidense neste assunto, e o que se constatou, que pode ser resumido no Quadro 2, é que algumas dessas instituições possuem departamentos dedicados exclusivamente a educação em engenharia, e na maioria destes casos, há também a oferta de programas de doutorado especificamente neste assunto.

Quadro 2: oferta de programas de doutorado em ensino de engenharia nas 5 instituições com mais autorias sobre educação em engenharia.

Instituição	Oferece doutorado em Educação em Engenharia?
Purdue University (USA)	Sim
Virginia Tech (USA)	Sim
Pennsylvania State University (USA)	Não
Arizona State University (USA)	Sim
Texas A&M University (USA)	Não

Fontes: Websites das instituições.

Figura 2: Representatividade dos 5 países com mais autorias em publicações na área de educação em engenharia com relação ao total publicado. Para referência, a participação do Brasil foi incluída.



Fonte: Autores.

Isso, sem dúvidas, leva à consolidação do estudo da educação em engenharia como uma área do conhecimento, e como um assunto de importância dentro do contexto internacional. É importante destacar que este tipo de programa de pós-graduação, apesar de ter surgido inicialmente nos EUA em 2005 (na *Purdue University*), já se espalhou pelo país, e até o momento foi possível identificar uma iniciativa similar também na Malásia, na *Universiti Teknologi Malaysia*, que aparece na nona posição da Figura 3.

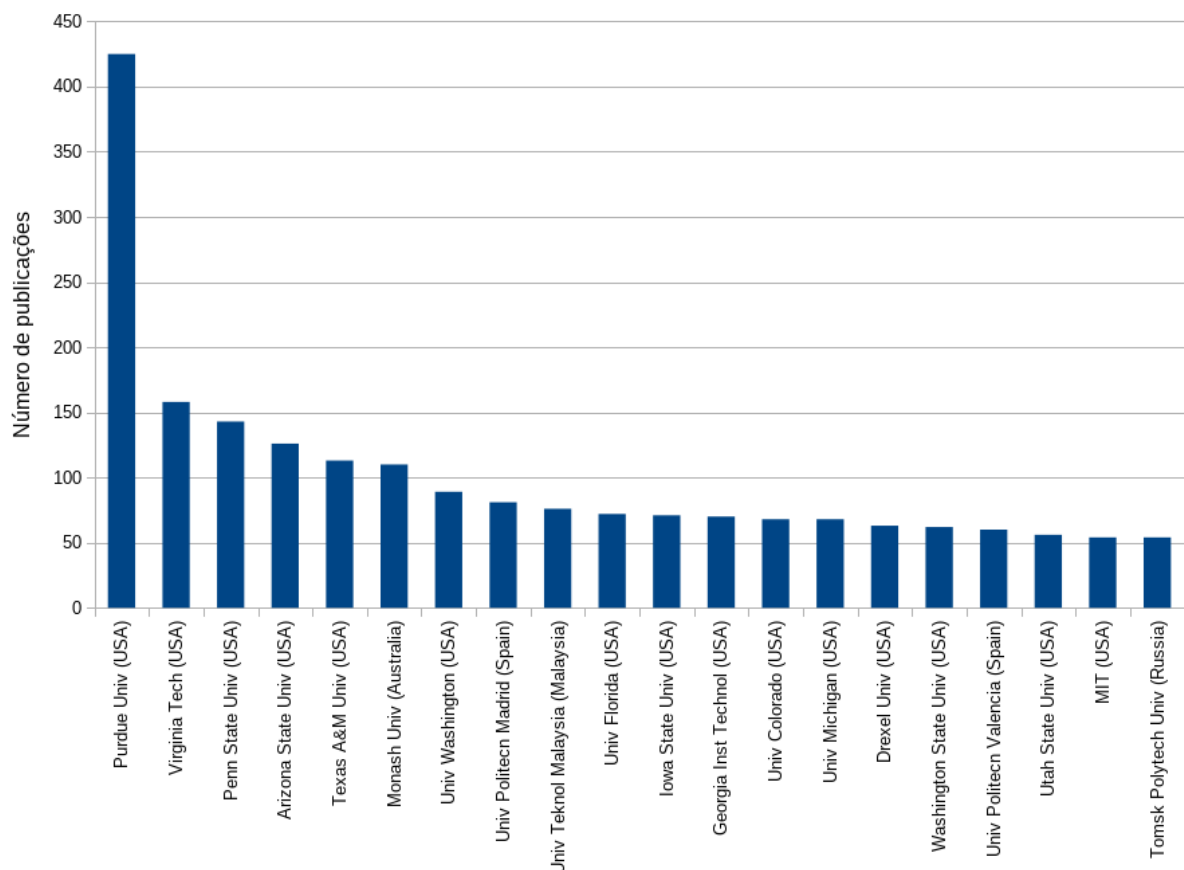
Outras universidades de destaque na classificação como apontada na Figura 3, apesar de não oferecerem programas dessa natureza, em alguns casos, acabam se destacando por possuírem programas de pós-graduação em ensino de ciências tecnológicas, que acabam englobando a engenharia, de certa forma, e também a sigla “STEM” utilizada na expressão de busca.

Outros países com destaque na produção mundial incluem a China, a Espanha e a Austrália. No caso da China, a primeira instituição a aparecer na classificação de número de publicações é a *University of Hong Kong*, na 53ª posição, representando menos de 5% da produção chinesa. Isso sugere que a pesquisa científica em ensino de engenharia na China não é um tema explorado a fundo por nenhuma instituição ou grupo de pesquisa, mas que apenas é mais

um dos temas que são explorados dentro da enorme massa de produção científica chinesa. Já a Espanha e a Austrália apresentam uma menor dispersão do tema no que diz respeito a instituições, sugerindo que algumas destas apresentem ao menos grupos de pesquisa para o tema.

O Brasil, em especial, não apresenta notoriedade dentro dos resultados analisados, com uma representatividade de cerca de apenas 1% no âmbito mundial. Porém, dadas recentes movimentações políticas, pode-se esperar um aumento do interesse na área: em 2018, a CAPES lançou o edital “Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação (PMG – EUA)” focado em cursos de engenharia, tendo iniciado os programas em 2019, com duração prevista até 2026 (BRASIL, 2018); e recentes mudanças aprovadas nas Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de engenharia (BRASIL, 2019). É possível que tais medidas, tanto por trazerem a problemática do ensino de engenharia à tona, quanto por promover a interação entre instituições brasileiras e estadunidenses, que, como mostrado acima, são as principais expoentes do assunto, promovam um maior interesse no estudo do ensino de engenharia como ciência no Brasil.

Figura 3: As 20 instituições com maior número de publicações na área de ensino de engenharia. Aqui uma publicação é considerada para a instituição quando pelo menos um dos autores é afiliado a ela.



Fonte: Autores.

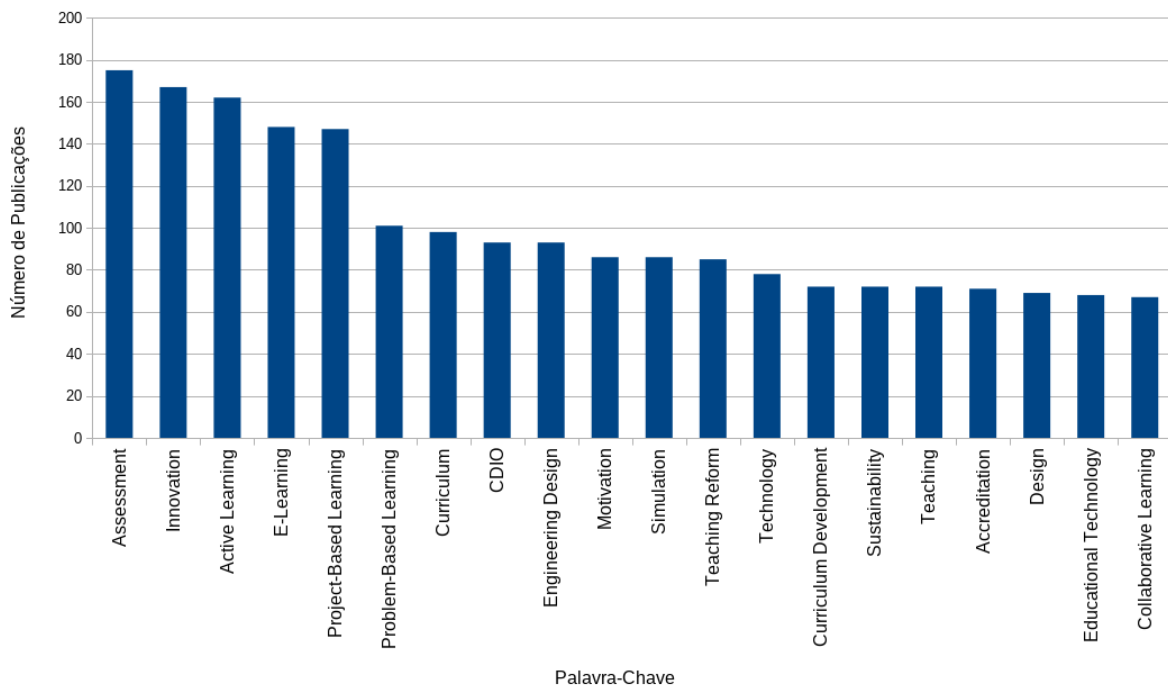
Em uma tentativa de entender quais são os assuntos mais estudados pela área do conhecimento do ensino de engenharia, foi feito um agrupamento das palavras-chave de maior ocorrência nas publicações recuperadas pela busca. Após um tratamento para remover palavras-chave mais óbvias ao contexto da busca, como “*engineering education*”, “*STEM education*”,

“engineering”, “education”, “higher education” e outras, o que resultou é o mostrado na Figura 4.

Ainda assim, uma análise profunda das palavras-chave de maior ocorrência se torna difícil pelo caráter descritivo generalista que muitas delas possuem. A título de exemplo, a palavra-chave de maior ocorrência, “assessment”, pode ter uma conotação que diz respeito tanto às avaliações utilizadas para medir o aprendizado, as próprias instituições, ou uma avaliação geral de algum tópico relativo ao ensino de engenharia. Já a palavra “innovation” é de caráter generalista, e não é possível avaliá-la de maneira isolada. Outras palavras de difícil interpretação entre as listadas incluem “technology”, “sustainability” e “teaching”.

Porém, mesmo com esta análise exploratória, algumas tendências podem ser observadas. Notavelmente, temos o interesse pela incorporação da tecnologia nas experiências de aprendizado, evidenciado pela ocorrência de “e-learning” e “educational technology”. Além disso, chama a atenção o destaque de *active learning* de modo geral, e em abordagens específicas como o *problem* ou *project-based learning*. Metodologias ativas de ensino podem ser definidas como “atividades de instrução que envolvam estudantes fazendo e pensando sobre o que estão fazendo” (BONWELL, 1991), e têm ganhado um grande destaque nas últimas décadas, apesar de ainda existir um debate sobre sua efetividade (PRINCE, 2004).

Figura 4: Palavras-chave de maior ocorrência nas publicações encontradas.



Fonte: Autores.

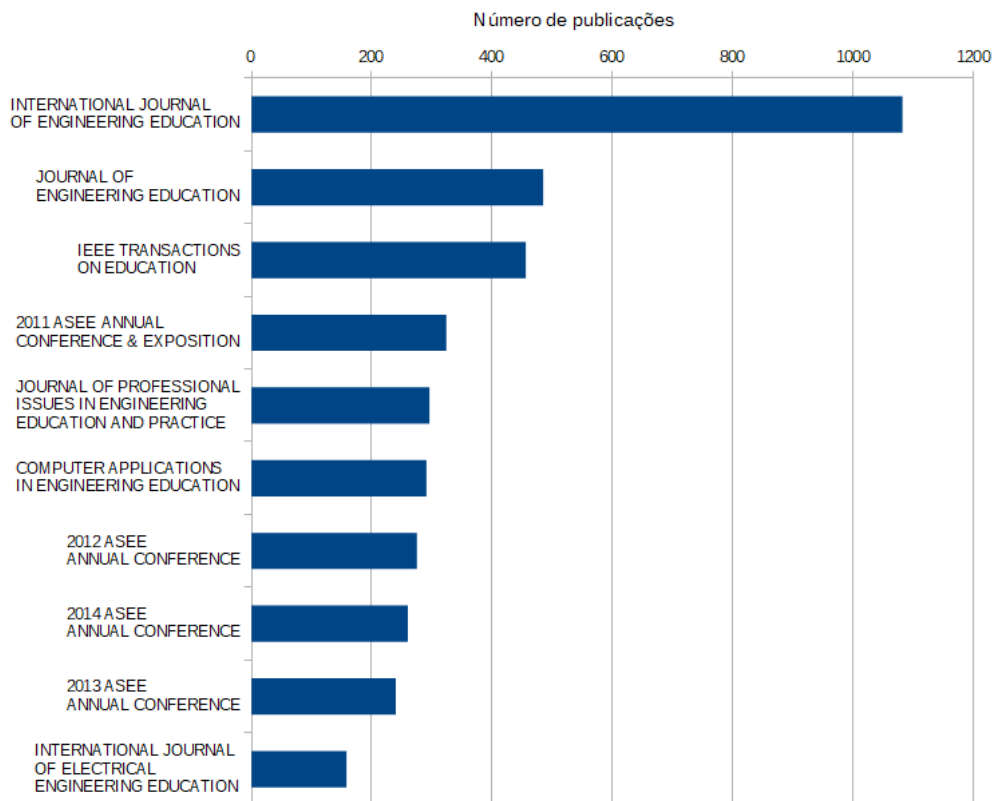
Também de destaque é a palavra-chave “CDIO”, sigla para “Conceive, Design, Implement, Operate”, uma estrutura para cursos de engenharia que busca formar engenheiros com o pensamento de conceber, projetar, implementar e operar como abordagem para os problemas de engenharia (CDIO, c2019). Porém, para analisar as tendências com maior precisão, seria interessante acoplar a elas uma análise de ocorrência de palavras dos títulos e resumos das publicações, que poderiam contextualizar melhor os direcionamentos dos estudos relacionados e estas palavras-chave, porém, foge ao escopo deste trabalho.

A última análise feita com os dados coletados é com relação às fontes das publicações em ensino de engenharia. A Figura 5, que mostra as 10 primeiras fontes em uma classificação por ordem de número de publicações retornadas, dá grande destaque ao *International Journal of Engineering Education*, que apesar de não ser a mais tradicional dentre as fontes que configuraram na classificação, é facilmente a publicação mais representativa, com mais do que o dobro de publicações da fonte que se encontra na segunda posição.

O *International Journal of Engineering Education* também chama a atenção por ser uma publicação independente, i.e., não afiliada a nenhuma grande editora, além de contar com revisão por pares e uma ampla cobertura temática em seus mais de 30 anos de existência (IJEE, 2015).

A presença da *ASEE* no universo das publicações também é notável, dada a aparição dos anais de 4 de seus congressos anuais, bem como do *Journal of Engineering Education*, publicação também da associação, e a mais antiga desta lista, tendo iniciado em 1910. Outra organização que chama a atenção é o *Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)*, que apresenta uma grande dedicação ao aspecto educacional das engenharias correlatas, com publicação até de um periódico específico: o *IEEE Transactions on Education*.

Figura 5: Classificação das 10 maiores fontes para as publicações recuperadas.



Fonte: *Web of Science* e autores.

Outro aspecto evidenciado nesta análise é a relevância de congressos na área de ensino de engenharia: dentre as 50 principais fontes destacadas nos dados recuperados, 36 são anais de congressos dedicados ao tema. Desconsiderando-se os anais de congressos, as publicações que completariam a classificação da Figura 5 seriam: *International Journal Of Electrical Engineering Education*, *European Journal Of Engineering Education*, *International Journal Of Engineering Pedagogy e Computers & Education*.

4. CONCLUSÕES

Este estudo bibliométrico de cunho generalista a respeito do ensino de engenharia na *Web of Science* permitiu contextualizar a produção científica da área em âmbito mundial, de forma que foram possíveis identificar tendências e os principais atuantes na área.

Um grande destaque é a dominância dos EUA nessa área da ciência, pois o país é, sozinho, responsável por cerca de 36% da produção mundial. Tal dominância estadunidense, é, sem sombra de dúvidas, afirmada pela forte presença da *American Society for Engineering Education*, pela oferta pioneira de cursos de pós-graduação em ensino de engenharia, e pela presença de departamentos de ensino de engenharia em universidades do país.

A partir de uma investigação conduzida nos websites das 20 principais instituições analisadas, de forma a averiguar a existência de fatores impulsionadores destas publicações, foi identificada a oferta de programas de pós-graduação específicos do assunto, bem como da disponibilidade de departamentos de ensino de engenharia em muitas destas instituições, o que sugere uma ligação com as altas taxas de publicação.

Comparativamente ao volume total, o impacto do Brasil na área é baixo. Apenas cerca de 1% da produção mundial tem contribuição de ao menos um autor nacional, e uma análise de autores e instituições não permitiu encontrar correlações entre tais, o que sugere que não existam grupos de pesquisa focados no assunto em nosso país.

Além disso, também foi possível constatar que congressos representam uma boa parcela da divulgação desta área científica, representando mais de metade das 50 maiores fontes de publicações científicas recuperadas.

Este trabalho teve um caráter exploratório, e há muitas propostas para trabalhos futuros, incluindo um maior tratamento dos dados para formar redes de colaboração entre autores e instituições para toda a amostra, e analisar correlações entre palavras-chave e instituições para determinar os assuntos específicos em que cada instituição domina. Além disso, a realização de uma busca similar em uma outra base de dados mais específica para a área de engenharia, como a *Engineering Village* poderia complementar as informações, dado que possui uma maior abrangência dentro do contexto de engenharia. Até mesmo a condução de uma busca similar em outra base multidisciplinar, como a *Scopus*, poderia fornecer algumas outras percepções, devido à diferença de abrangência de publicações em relação à *Web of Science*.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

BONWELL, C. C.; EISON, J. A. **Active learning**: creating excitement in the classroom. Washington, DC: Eric Publications, 1991. (ASHE-ERIC Higher Education Reports, v. 1).

BRASIL. Ministério da Educação. CAPES. Edital n. 23/2018 – CAPES/CNE/COMISSÃO FULBRIGHT “Programa Brasil-Estados Unidos de modernização da educação superior na graduação (PMG-EUA)”. **Diário Oficial da União**: seção 3, Brasília, p. 24, 11 jun. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional da Educação. Câmara de Educação Superior. **Parecer CNE/CES n. 1/2019**. Brasília: MEC, 2019.

CDIO. **About CDIO**. Gothenburg: Worldwide CDIO Initiative, c2019. Disponível em: <http://cdio.org/about>. Acesso em: 27 de abril de 2019.

- CLARIVATE ANALYTICS. **Web of Science conference proceedings selection process.** [Philadelphia]: Clarivate Analytics, c2019. Disponível em: <https://clarivate.com/essays/web-science-conference-proceedings-selection-process/>. Acesso em: 19 de abril de 2019.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Fortalecimento das engenharias.** Brasília: CNI, 2015.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA; INSTITUTO EUVALDO LODI. **Recursos humanos para inovação.** Brasília: CNI, 2016.
- GREGOLIN, J. A. R. et al. Análise da produção científica a partir de indicadores bibliométricos. In: FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2004.** São Paulo: FAPESP, 2005.
- IJEE. **The International Journal of Engineering Education: aims and scope.** International Journal of Engineering Education, 2015. Disponível em: https://www.ijee.ie/Aims_and_scope_2015.html. Acesso em: 19 de abril de 2019.
- NARIN, F; HAMILTON, K. S. Bibliometric performance measures. **Scientometrics**, Oxford, v. 36, n. 3, p. 293-310, 1996.
- OKUBO, Y. **Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples.** Paris: Organisation for Economic Co-Operation and Development, 1997.
- PRINCE, M. Does active learning work? A review of the research. **Journal of Engineering Education**, v. 93, n. 3, p. 223-231, 2004.
- TESTA, J. **Journal selection process.** [Philadelphia]: Clarivate Analytics, c2019. Disponível em: <https://clarivate.com/essays/journal-selection-process/>. Acesso em: 19 de abril de 2019.

BIBLIOMETRICS ON ENGINEERING EDUCATION PUBLICATIONS

***Abstract:** With the availability of engineering undergraduate courses across the globe remarkably rising over the last decades, the problems and shortcomings on transmitting said knowledge become even more evident. In search for solutions on this matter, researchers around the world have dedicated themselves to scientifically study engineering education. This work relates to this context with the goal of applying bibliometrics to data recovered from Clarivate Analytics' Web of Science database in order to come up with performance indicators for this area of science. This led to the identification of the main institutions, regions, research groups e publishing sources related to this area, as well as thematic tendencies for research on the subject. It was verified that the US is the country with the most significant scientific output on this area, partly due to the role played by the American Society for Engineering Education. Brazil's production on the subject amounts to around 1% of the worldwide production.*

Keywords: Engineering education. Bibliometrics. Scientific production.