

Interdisciplinaridade e os Impactos na Educação e Pesquisa da Engenharia Elétrica

Eduardo M. Resende, Marcelo S. Almeida,
Thainann H. P. Castro, Paulo F. Ribeiro

*Instituto de Sistemas Elétricos e Energia, Universidade Federal de Itajubá
Avenida BPS 1303, Pinheirinho, Itajubá-MG, CEP 37500-903, Brasil*

E-mails: edumarresende@gmail.com, santana-guaracy@hotmail.com, thainann93@gmail.com, pfribeiro@ieee.org

Abstract: Interdisciplinarity is an epistemological concept still in formation, which relates to different areas of knowledge that help in the development of highly complex problem solutions. In this article, we try to demonstrate that the adoption of this interdisciplinary mentality in universities makes the research and development centers obtain better results in terms of technological development and financial return. Focusing on the electrical engineering course, a survey of the interdisciplinary academic production and patent registrations between Brazilian and American universities was carried out, to analyze quantitatively and qualitatively the impacts of the adoption of interdisciplinary teaching by these universities. Thus, it could be seen that interdisciplinarity added to other factors, such as financial support for research and the incentive on the part of universities to create collaborative environments, increases the number and relevance of academic production, reflecting on the creation of products, solutions, and technologies.

Resumo: A interdisciplinaridade é um conceito epistemológico ainda em formação, que relaciona áreas do conhecimento distintas que ajudam no desenvolvimento de soluções de problemas de alta complexidade. Neste artigo tenta-se demonstrar que a adoção dessa mentalidade interdisciplinar nas universidades faz com que os núcleos de pesquisa e desenvolvimento obtenham melhores resultados no que tange ao desenvolvimento tecnológico e ao retorno financeiro. Tendo como foco o curso de engenharia elétrica, foi feito um levantamento da produção acadêmica interdisciplinar e de registros de patentes entre universidades brasileiras e americanas, a fim de analisar quantitativamente e qualitativamente os impactos da adoção do ensino interdisciplinar por essas universidades. Assim, pôde-se constatar que a interdisciplinaridade somada a outros fatores, como o apoio financeiro à pesquisa e o incentivo por parte das universidades em criar ambientes colaborativos, aumenta o número e a relevância da produção acadêmica, refletindo na criação de produtos, soluções e tecnologias.

Keywords: interdisciplinarity; academic production; patents; education; technology.

Palavras-chaves: interdisciplinaridade; produção acadêmica; patentes; educação; tecnologia.

1. INTRODUÇÃO

Em uma realidade complexa, faz-se necessário um pensamento multidimensional que transcenda as fronteiras disciplinares e conceituais, capaz de compreender e criar o conhecimento para o entendimento dessa complexidade (Moraes, 2002). No âmbito científico, a necessidade de soluções cada vez mais rápidas e eficientes para os grandes e complexos desafios existentes força a quebra dos limites disciplinares como forma de superar esses desafios (Allmendinger, 2015).

Nesse contexto, apesar da especialização do conhecimento constituir uma parte importante da ciência, seu caráter de fragmentação ocasiona a perda de visão do todo, restringindo interpretações mais complexas relacionadas ao funcionamento das coisas e dos problemas globais (Melo et al., 2011). Nas palavras de Morin e Kern (2003) tem-se que: “a ciência também pode produzir ignorância, pois o conhecimento fecha-se na especialização” e, portanto, a compreensão da complexidade e diversidade humana só pode ser obtida com a

mudança de um pensamento reducionista a um pensamento complexo.

Por outro lado, a interdisciplinaridade surge como a interação intencional de mais de uma disciplina, promovendo um diálogo entre ideias e a integração mútua de conceitos, visando-se a abrangência e a totalização do conhecimento (Silva, 2010). Assim, a interdisciplinaridade leva os indivíduos a um pensamento mais crítico, levantando novas questões para problemas antigos, e para se ter sucesso em uma abordagem interdisciplinar, não deve haver uma hierarquia entre os indivíduos (Springer Nature, 2015).

Trazendo esse conceito ao âmbito acadêmico, verifica-se que as instituições de ensino geralmente tendem a desprezar a formação e o pensamento crítico dos acadêmicos, implicando nas segmentações do conhecimento. É desejável que as universidades proporcionem uma capacidade de reflexão estável e uma análise holística do contexto de cada indivíduo, por meio de um pensamento interdisciplinar (Melo et al., 2011). Essa perspectiva é evidenciada na dificuldade de execução, financiamento, avaliação e publicação de pesquisas

com comportamento interdisciplinar, que pode ser explicada por diferentes hábitos e culturas científicas e pelas estruturas departamentais que inviabilizam a cooperação entre pesquisadores de diferentes setores (Junior et al., 2015).

Dessa forma, faz-se necessária uma metodologia capaz de identificar os aspectos interdisciplinares que não leve em consideração fatores somente quantitativos. Entretanto essa mensuração é dificultada pois depende da percepção de cada indivíduo sobre o conceito (Adams et al., 2016). Assim, este trabalho tem a finalidade de entender a interdisciplinaridade no meio acadêmico, principalmente na engenharia elétrica, investigando-se universidades nacionais e internacionais. Para uma análise mais concreta de dados, foi feito um levantamento da produção acadêmica dos últimos anos, dos cursos de engenharia elétrica das universidades pesquisadas e além disso, foram pesquisadas as patentes que foram resultados de forma direta ou indireta de estudos interdisciplinares, evidenciando mais uma vez a importância desse tema no contexto acadêmico.

2. A PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR DAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS

De acordo com (Freitas & Souza, 2018), no Plano Nacional da Pós-Graduação (PNPG), a pós-graduação e seu sistema é considerado como um braço importante para políticas de Estado, seja no ideário, composição de ações, no âmbito das políticas públicas, na contabilização da formação de recursos humanos qualificados e publicando os conhecimentos nacionais. Nesse sentido, a pós-graduação possui alguns eixos com a finalidade de orientar, o primeiro se refere ao ponto de vista do instituto e da perspectiva pessoal, o segundo propõe considerações a respeito da realidade da pós-graduação identificando os desafios e problemas enfrentados pelos alunos e professores. Esses aspectos trazem algumas reflexões, emergindo uma discussão sobre a titulação na pós-graduação, que não garante a empregabilidade. Essas discussões fazem com que as pesquisas adquiram importância para a construção de um trabalho colaborativo entre áreas e universidades, aliando-se ao processo de formação de pesquisadores, implicando também na docência. A consistência e interesse nas disciplinas oferecidas, articulado ao objeto da tese e dissertação, de um lado, e o envolvimento e disponibilidade para dedicar-se aos estudos para além da especificidade do objeto de pesquisa, de outro, contribuem para ampliar horizontes do conhecimento.

Nesse contexto, desde 1999 a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) age no meio acadêmico em prol de disciplinas interdisciplinares entre os cursos, criando um programa de avaliação para propostas submetidas. Em valores absolutos, sempre foi muito grande o número de cursos/programas submetidos para apreciação. Contudo, diante do rigor do processo de avaliação, o percentual de aprovações sempre foi baixo (média geral de 20%). Tais problemas requerem diálogos não só entre

disciplinas próximas, dentro da mesma área do conhecimento, mas entre disciplinas de áreas de conhecimento diferentes, bem como entre saberes disciplinares e não disciplinares. Diante disso, desafios teóricos e metodológicos se apresentam para diferentes campos de saber (CAPES, 2019).

Para assegurar um desenvolvimento dos PPGs (Programas de Pós-Graduação) interdisciplinares, a CAPES recomenda a identificação de campos de convergência interdisciplinar entre programas, potencializando seu poder de influência na resolução de problemas complexos no âmbito regional e nacional. A interdisciplinaridade apresenta alguns desafios para os docentes e discentes dentre os quais destacam-se:

- Promover a abertura para o enfrentamento de novas perspectivas teórico-metodológicas de pesquisa, ensino e inovação;
- Atender aos desafios epistemológicos que a inovação teórica e metodológica apresenta às pesquisas e aos ensinamentos interdisciplinares;
- Promover a incorporação de metodologias interdisciplinares nos projetos de pesquisa dos docentes e discentes;
- Reconhecer que diferentes concepções podem ser adotadas nas pesquisas e no ensino interdisciplinar, pois é possível construir significados distintos, valorizando e reconhecendo a diversidade que a área comporta;
- Aprofundar as características definidoras dos conceitos de pluri, multi e interdisciplinaridade, seus diferentes contextos teórico-metodológicos, tendo em vista suas relações e diferenciações, possibilidades e limites, a fim de melhor embasar as definições de propostas de ensino e pesquisa, suas linhas inovadoras, assim como as avaliações dos diferentes programas da Área Interdisciplinar;
- Identificar canais para a intensificação do diálogo inter e intra Câmaras Temáticas da Área Interdisciplinar, para as trocas de experiências entre os Programas e a divulgação do conhecimento interdisciplinar gerado;

A Área Interdisciplinar tem o maior número de mestrados profissionais entre as diversas áreas de conhecimento da CAPES. Estes programas apresentaram, ao longo de sua história, uma importância significativa na construção de novas pontes com o setor produtivo, com os setores organizados da sociedade civil, trazendo, nas interfaces de diferentes áreas do saber, novas formas de produção, disseminação e transferência do conhecimento, inovações científicas e tecnológicas, possibilidades de formação profissional, estabelecimento de novas dinâmicas de políticas públicas, estratégias de preservação da memória e patrimônio, desenvolvimento de novas tecnologias e práticas educacionais interdisciplinares, entre outras.

3. A VISÃO EDUCACIONAL E A INTERDISCIPLINARIDADE NAS UNIVERSIDADES AMERICANAS

4.1 Padrão de Qualidade dos Cursos

É importante conhecer também a visão educacional no âmbito interdisciplinar de países geradores de conhecimento e de tecnologia, como por exemplo os EUA. Para um entendimento estrutural dos cursos de graduação e pós-graduação nos EUA, faz-se necessário um padrão que regulamente os critérios de qualidade para cada curso. Nesse sentido, a ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*) faz o credenciamento de programas de universidades em todo o mundo, com destaque para as americanas (ABET, 2020). Nesse contexto, alguns critérios são a base para os cursos de engenharia. Dentre os critérios gerais utilizados, os programas credenciados devem avaliar o aluno e orientar sobre questões curriculares e de carreira e, além disso, os objetivos educacionais do programa devem ser condizentes com a missão institucional. Os resultados esperados de cada aluno passam pela capacidade de identificar e resolver problemas complexos de engenharia, pela capacidade de comunicação entre diversos públicos junto com o reconhecimento de responsabilidades éticas e profissionais. Espera-se também a eficiência no trabalho em equipe e a aprendizagem e aplicação de novos conhecimentos (ABET, 2019).

Além desses critérios educacionais, há também os de ordem institucional. A grade curricular deve possuir no mínimo 30 horas semestrais de disciplinas de matemática de nível superior ou de ciências básicas. Deve conter também, 45 horas de disciplinas com tópicos apropriados de engenharia. Especificamente para a engenharia elétrica, a grade curricular deve conter probabilidade e estatística, matemática avançada através de cálculo diferencial integral, ciências (biológicas, físicas ou químicas) e tópicos de engenharia para analisar softwares e sistemas elétricos complexos. O programa deve demonstrar que possui um corpo docente suficiente para cobrir todas as áreas do curso e a instituição deve ainda fornecer ambientes com boa estrutura e equipamentos adequados para uso. Logo, faz-se necessário do apoio institucional, incluindo serviços e suporte financeiro (ABET, 2019).

4.2 A Interdisciplinaridade nas Universidades Americanas

No ensino superior nos Estados Unidos, realizam-se os estudos interdisciplinares por meio de cursos individuais incluindo estudos independentes ou por meio de programas específicos de estudo, como em concentrações *major* e *minor* ou como parte dos requisitos de educação geral de um aluno (Lattuca & Voigt, n.d.). Nesse contexto, a maior parte das universidades promove pesquisas interdisciplinares principalmente através do estabelecimento de unidades de pesquisa organizadas (ORU) que utilizam professores de vários departamentos. Várias universidades implementaram programas formais de financiamento para apoiar o estabelecimento de novas colaborações de pesquisas entre departamentos e entre faculdades. Essa disponibilidade de subsídios do centro federal

somado aos prêmios interdisciplinares é um grande incentivo externo para esses programas. Um exemplo disso é a Ohio State University que utiliza seu esquema de financiamento chamado de Programa de Desenvolvimento de Bolsas Interdisciplinares, sendo que para concorrer a tal financiamento, os docentes têm que se comprometer a solicitar os prêmios federais em uma certa quantia (Sá, 2008).

Apesar desses incentivos, muitas vezes tem sido diagnosticado que a resistência das universidades à mudança é causada pela estrutura de disciplinas sendo que essas disciplinas estão ligadas à estrutura organizacional de departamentos (ou faculdades). Com a perspectiva interdisciplinar na abordagem científica, surgem novos desafios organizacionais que estão em conflito com esse conservadorismo estrutural da universidade disciplinar. Dentre esses desafios, há problemas de cunho financeiro como por exemplo a competição para alocações de fundos das instituições entre os departamentos, onde cursos mais renomados prevalecem sobre os interdisciplinares. Também há desafios de ordem institucional como o recrutamento de professores de diferentes departamentos, o que gera um conflito de interesses e somado a isso, a grade curricular pré-fixada pelos departamentos restringe o ensino interdisciplinar. Tais fatos desencorajam os estudantes que querem trabalhar com a temática interdisciplinar devido à falta de oportunidade na carreira (Weingart, n.d.).

Sabendo das inúmeras variáveis na avaliação dos cursos de pós graduação americanos, a *National Science Foundation* (NSF) por meio do órgão *National Center for Science and Engineering Statistics* (NCSES) realiza anualmente um censo com base em um questionário chamado *Survey of Earned Doctorates* (SED) no qual estudantes americanos que obtiveram o título de doutorado são indagados sobre aspectos acadêmicos, sociais, raciais e econômicos. Nas últimas duas décadas, a engenharia teve o maior crescimento do percentual de doutores formados em relação ao total, saindo de 13% no ano de 1999 para 18% no ano de 2018. No ramo das engenharias, a maior parcela (19,2%) de doutores formados em 2018 corresponde a área de engenharia elétrica, eletrônica e de comunicações (National Science Foundation, 2018).

Baseado nesses SEDs, em (Kniffin & Hanks, 2017) chegou-se à conclusão de que filhos de pais com ensino superior têm 1,3% a mais de chance de trabalhar em uma pesquisa interdisciplinar e cidadãos não americanos tendem a buscar a pesquisa interdisciplinar 4,6 % mais que os de cidadania americana. Já em relação aos ganhos financeiros, observou-se que indivíduos com tese interdisciplinar tendem a ganhar 2% a menos que os demais doutores no primeiro ano após a obtenção do título, com a ressalva de que parte dessa penalidade é oriunda do prosseguimento para o pós-doutoramento de grande parte das pesquisas interdisciplinares. Entretanto, esse tipo de abordagem sofre de certas limitações, já que se baseia na percepção individual sobre o conceito interdisciplinar. A subcategorização limitada de temas também pode levar os entrevistados a escolherem por

proximidade de áreas, podendo ocasionar erros na análise (Millar & Dillman, 2010).

Assim, este trabalho visa estudar a interdisciplinaridade por uma abordagem diferente, com base na percepção dos próprios autores, analisando-se por um critério comum as publicações interdisciplinares e correlacionando alguns fatores que impactam na pesquisa acadêmica interdisciplinar.

5. METODOLOGIA

5.1 Motivação

Na Universidade Federal de Itajubá, a disciplina Filosofia e Ética de Pesquisas e Desenvolvimento Tecnológico, ministrada pelo Prof. Doutor Paulo Ribeiro, deseja desenvolver um olhar crítico nos estudantes de pós-graduação de engenharia elétrica. Dentre os tópicos abordados, a interdisciplinaridade é demonstrada em um cenário amplo, abordando-se a necessidade interdisciplinar e o desenvolvimento dentro das instituições públicas Brasileiras, tomando como exemplo a própria UNIFEI.

Verificando a importância desse conceito e a necessidade do mesmo para que se possa haver uma melhor base conceitual na hora de desenvolver ideias, pesquisas e desenvolvimento tecnológico, fora decidido pelos três integrantes deste artigo que era imperativo um aprofundamento em estudos que provassem para nosso grupo de estudos e posteriormente às outras universidades brasileiras, que tal conceito traria benefícios em várias esferas do meio acadêmico.

Com isso, precisa-se definir quantitativamente e qualitativamente, um método no qual se demonstrasse que universidades que aplicaram e desenvolveram tais conceitos em seu meio acadêmico obtiveram mais destaque e reconhecimento por suas contribuições, sendo mais evidente na área de pesquisa, e mais precisamente no nível de pós-graduação, pois é um “*hot-spot*” para novas ideias de avanços significativos no desenvolvimento tecnológico.

5.2 Análise Estrutural dos Cursos de Pós-Graduação

Com o intuito de criar uma base comparativa homogênea entre universidades públicas brasileiras e universidades de outros países, selecionamos quatro países desenvolvidos e que são referências na produção acadêmica. Os países escolhidos foram os EUA, o Reino Unido, a França e a Alemanha. Com isso, a verificação de como são as estruturas de seus cursos de pós-graduação possibilita uma filtragem das estruturas mais compatíveis com a estrutura nacional.

5.2.1 França, Reino Unido e Alemanha

De acordo com (Bustamante, n.d.), (FindAMasters, 2020) e (Smith, 2020), os cursos de pós-graduação seguem um padrão europeu, sendo uma qualificação de ciclos, com o bacharelado (primeiro ciclo), mestrado (segundo ciclo) e doutorado

(terceiro ciclo). Os cursos de pós-graduação podem ser classificados como consecutivos ou não consecutivos.

- Mestrados consecutivos: Seguem diretamente de um curso de graduação relacionado. Esses cursos geralmente não cobram taxas.
- Mestrados não consecutivos: Concentram-se em uma área diferente ou mais altamente especializada. Esse curso pode exigir experiência prática ou profissional, além de graduação. Esses cursos têm maior probabilidade de cobrar taxas.

Como cursos ministrados, a maioria dos mestrados alemães concede as qualificações MA (*Master of Arts*) ou MSc (*Master of Science*). Títulos alternativos de graduação podem ser usados para algumas disciplinas especializadas. A principal diferença entre os programas diz respeito à maneira como se estuda.

- *Master of Arts* (MA) é voltado para um aprendizado para a área profissional (mínimo de dois semestres), sendo necessário completar um estágio profissional e entregar uma tese.
- *Master of Science* (MSc) é um curso focado para o desenvolvimento acadêmico nas áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática com duração mínima de três semestres, necessitando de dissertação de pesquisa para sua conclusão.

Além das diferenças mencionadas acima, podemos dividi-los em duas grandes categorias, Mestrados Profissionais ou Mestrado com Pesquisa. Os mestrados profissionais têm sua estrutura similar à graduação, porém são voltados à preparação profissional para ingresso no mercado. Já nos mestrados de pesquisa, requisito para o ingresso em um curso de doutorado, os estudantes destes programas devem aprofundar suas habilidades de pesquisa na produção de uma dissertação ou projeto final.

O *Master of Arts* e o *Master of Science* são as titulações mais procuradas, havendo outras ramificações, como por exemplo LLM (*Master of Laws*), MEd (*Master of Education*), MEng (*Master of Engineering*), etc.

5.2.2 Estados Unidos

De acordo com (Velasco, 2017), em geral, pode-se subdividir o mestrado no exterior em 3 grandes categorias:

- *Taught Master*: É basicamente uma pós-graduação (*lato sensu*) oferecida no Brasil, tendo mudanças na estrutura do curso como por exemplo o tempo de duração.
- *Research Master*: É parecido com o *stricto sensu* oferecido no Brasil. Normalmente, nos Estados Unidos, Austrália e Canadá (e outros) esses mestrados estão totalmente ligados a quem se inscreveu no programa de doutorado (conhecido como PhD – *Doctor of Philosophy*) e é recebido após

conclusão do segundo ano do PhD com base em alguns pré-requisitos.

- *Professional Master*: É parecido com o curso de mestrado profissional oferecido no Brasil, ofertando cursos em várias áreas, geralmente procurado por quem deseja melhorar seus conhecimentos ou quem quer ingressar no mercado de trabalho americano.

5.2.3 Brasil

Como expresso em (Ministério da Educação, n.d.), o curso de pós-graduação no Brasil está dividido em:

- *Lato Sensu*: Compreendem programas de especialização e incluem os cursos designados como MBA (*Master Business Administration*). Tem duração mínima de 360 horas e ao final do curso o aluno obterá certificado e não diploma, sendo abertos a candidatos diplomados em cursos superiores e que atendam às exigências das instituições de ensino.
- *Stricto Sensu*: Compreendem programas de mestrado e doutorado abertos a candidatos diplomados em cursos superiores de graduação e que atendam às exigências das instituições de ensino e ao edital de seleção dos alunos. Ao final do curso o aluno obterá diploma. Podendo ser dividido em duas modalidades, mestrado profissional e acadêmico.

Com essa verificação, constatou-se uma futura dificuldade ao trabalharmos com os cursos de mestrado, possuindo variações que vão desde o modo como o aluno ingressa no mesmo até suas finalidades. Assim decidimos somente utilizar o curso de doutorado como base comparativa, pois ele possui estrutura e requisitos para o seu ingresso semelhante em todos os países selecionados.

5.3 Análise de Teses Nacionais e Internacionais

Após a seleção descrita na seção anterior, decidimos fazer um levantamento quantitativo da produção acadêmica nas universidades, para poder estipular o nível de integração da engenharia elétrica com outras áreas dentro da mesma instituição. Para esse levantamento, foi escolhido o período entre os anos de 2018 e 2020. A filtragem das teses foi feita de forma manual pelos próprios integrantes, através dos repositórios das universidades e dessa forma conseguiu-se verificar se elas utilizavam, em seu desenvolvimento, algum conteúdo relevante de outras áreas fora da engenharia elétrica. O acesso aos repositórios internacionais apresentou dificuldades, como falhas de acesso, restrições regionais e falta de dados relevantes, sendo os EUA o único país no qual nenhum desses problemas anteriores foi encontrado e, assim, houve a necessidade de restringir somente a ele nossa base comparativa.

A escolha das instituições americanas foi obtida através do *College Factual* (College Factual, n.d.) e as nacionais pela sua nota no ranking no Ministério da Educação (Governo Federal

Brasileiro, n.d.). Os resultados do levantamento quantitativo de teses interdisciplinares estão demonstrados nas Fig. 1 e 2

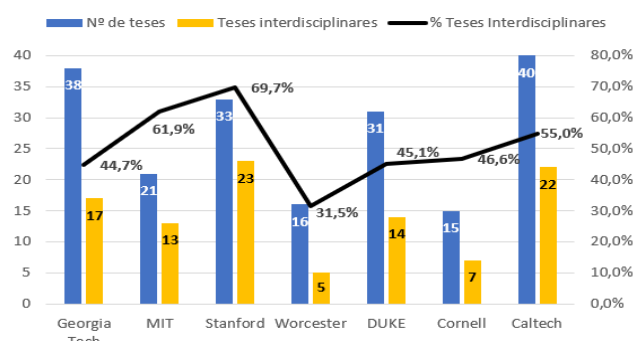


Fig. 1 Análise quantitativa das teses das universidades americanas.

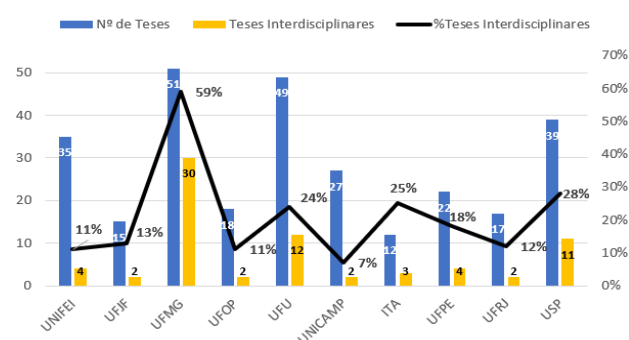


Fig. 2 Análise quantitativa das teses das universidades públicas brasileiras.

A porcentagem nos gráficos indica a proporção de teses interdisciplinares nas universidades avaliadas, demonstrando assim que as universidades americanas possuem um maior nível de integração entre o curso de engenharia elétrica e as demais áreas dentro das universidades. Essa análise será utilizada em conjunto com as demais para obter um resultado mais concreto.

5.4 Análise de Publicações e Citações

Uma análise puramente quantitativa como feita na seção anterior, não indica a relevância do trabalho desenvolvido, então decidimos verificar a quantidade de publicações e citações das universidades avaliadas, o que julgamos ser um bom indicador qualitativo de estudos interdisciplinares. Para isso, utilizou-se do software *Publish or Perish* (Harzing, 2016) que realiza essa busca filtrando as publicações com os filtros ajustados para um período de análise entre 2018 e 2020 e os mesmos critérios de avaliação interdisciplinar da análise anterior. Por meio do software foram capturadas informações dos bancos de dados institucionais públicos e privados através do Google Academics (Google, n.d.). Os resultados dessa análise são expressos nas Fig. 3 e 4.

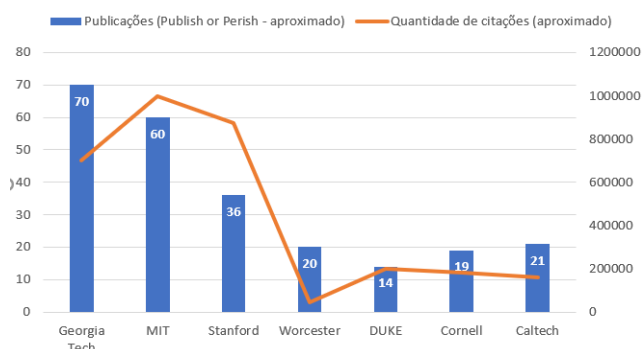


Fig. 3 Análise quantitativa de publicações e citações (universidades americanas).

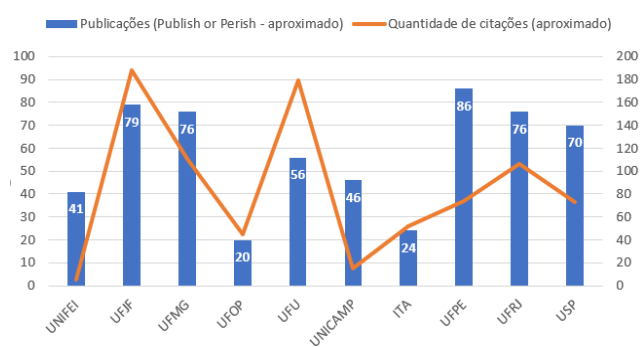


Fig. 4 Análise quantitativa de publicações e citações (universidades brasileiras).

Através da comparação entre os gráficos anteriores, nota-se que apesar das universidades brasileiras possuírem um número maior de publicações (evidenciado pelas colunas em azul), as universidades americanas apresentaram um número significativamente maior de citações (expressos pela linha laranja). A quantidade de citações é um indicador importante nessa análise interdisciplinar pois mostra que a publicação desenvolveu um conteúdo sólido servindo de base para outros estudos e desenvolvimentos. De tal forma, inferimos que as universidades americanas podem utilizar dessa relevância para gerar um ciclo educacional com maiores aportes financeiros.

5.5 Análise de Investimentos Financeiros em Pesquisa

Para entender de forma mais abrangente a visão interdisciplinar dos países estudados, devemos nos atentar também ao ponto de vista financeiro. No Brasil, programas de pós-graduação recebem auxílios de instituições privadas e públicas, essas podendo ser estatais ou federais como a FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) e a CAPES, respectivamente. Em 2003, a FAPEMIG investiu R\$23 milhões nos programas de pós-graduação de Minas Gerais e com o sucesso do investimento esse valor se multiplicou chegando a R\$230 milhões em 2008. Já a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), teve seu investimento em R\$632 milhões em 2008, que representou aproximadamente R\$32 mil por pesquisador doutor, totalizando 20.000 doutores no estado de São Paulo.

Comparativamente, a FAPEMIG disponibilizou para seus 6.250 pesquisadores doutores um valor aproximado de R\$36 mil por doutor no mesmo ano. No âmbito nacional, a CAPES investiu um total de 4,19 bilhões no ano de 2019. Atualmente ela investe em um total de 81.400 bolsas para alunos de mestrado e doutorado nas áreas registradas em seu programa. Para realizar sua distribuição de forma justa, a CAPES separa os cursos em três colégios: Ciências da Vida, Humanidades e Ciências Exatas, Tecnológica e Multidisciplinar (Barreto & Borges, 2009).

Em seus critérios de avaliação para distribuição de valores, as agências de fomento levam em conta o número de estudantes concluintes ou titulados por curso para concessão de bolsas e os investimentos de recursos. Leva-se em consideração também o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e com isso, um curso localizado em cidade de IDHM mais baixo terá até duas vezes o número de bolsas que um curso semelhante ofertado em um município de IDHM mais alto. Esse ponto gera impacto social e econômico nos municípios menos desenvolvidos. Assume-se que o número de benefícios a ser concedido para cada curso será obtido pelo resultado da multiplicação de valores de referência de concessão de bolsas por pesos associados ao IDHM e à titulação média de estudantes. Esse modelo garante que nenhum curso perderá ou ganhará um número de bolsas superiores a 10% de sua concessão atual, exceto cursos de nota 6 ou 7, cujo limite de ganhos poderá chegar a 30% (Barreto & Borges, 2009).

Feitas essas constatações para o cenário nacional, parte-se então para o contexto americano. Para investigar os investimentos na pesquisa acadêmica americana, o NCSSES realizou um censo anual com 915 instituições americanas em 2018, questionando os gastos das instituições com pesquisa e desenvolvimento. Dentre as principais constatações, notou-se que os investimentos na pesquisa e desenvolvimento no ensino superior cresceram pelo terceiro ano seguido em 2018, totalizando 79,4 bilhões de dólares provenientes de todas as fontes de recursos, privados ou governamentais. Dessa quantia, cerca de 53% de total do investimento é provido de recursos governamentais representando um crescimento de aproximadamente 4% em relação ao ano anterior. Esses recursos governamentais são repassados a diversos departamentos, sendo a maior parcela dos investimentos destinados ao *Department of Health and Human Services* (HHS) que inclui todos os institutos nacionais de saúde (Gibbons, 2019).

Além disso, foi observado que a engenharia como um todo recebe 15,6% de todos os investimentos feitos. Mais especificamente a engenharia elétrica, eletrônica e de comunicações recebeu 2,85 bilhões de dólares no ano de 2018. Dentre as instituições que mais gastaram com pesquisa e desenvolvimento na engenharia elétrica, eletrônica e de comunicações destacam-se a Johns Hopkins University, Georgia Institute of Technology, University of California Berkeley e o MIT. De todo o investimento, relatou-se que mais de 75% desses investimentos são para custear diretamente a

pesquisa, por meio de salários, benefícios adicionais ou compra de softwares e equipamentos (Gibbons, 2019).

Os dados levantados do Brasil e dos EUA refletem não somente a disparidade de investimentos dos países em pesquisa, mas também as diferentes visões sobre a estrutura de ensino superior. Fica claro que a produção acadêmica avaliada nos tópicos anteriores sofre os impactos de tal disparidade. Esses impactos são evidenciados também na produção tecnológica dos países e para comprovar isso, uma análise comparativa das patentes concedidas se faz necessária.

5.6 Análise de Patentes

Para análise comparativa da produção tecnológica dos países avaliados e o impacto interdisciplinar na criação dessas tecnologias, faz-se necessária uma análise de patentes concedidas. Inicialmente, iriam ser analisadas as patentes concedidas com viés interdisciplinar para as universidades brasileiras estudadas. Entretanto, devido à lentidão do processo de concessão de patentes no Brasil, optou-se pela análise dos pedidos de patente que já deram início no processo de obtenção de patente e já foram despachadas e avaliadas pelo INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Os pedidos de patentes analisados foram obtidos por meio do banco de patentes do INPI (INPI, n.d.), sendo analisados os pedidos de patentes na área de engenharia elétrica entre os anos de 2010 e 2019. Para o julgamento interdisciplinar, analisou-se os títulos, resumos e a classificação IPC (*International Patent Classification*) dos pedidos de patente, e os resultados desse estudo são expressos na Fig. 5.

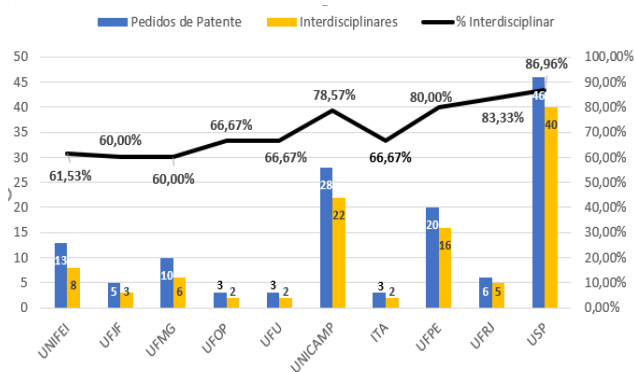


Fig. 5 Análise quantitativa das patentes interdisciplinares (universidades brasileiras)

Para a análise das patentes das universidades americanas, foram coletados os dados do UPSTO - *United States Patent and Trademark Office* (UPSTO, n.d.). Foram investigadas as patentes já concedidas às universidades avaliadas, no âmbito da engenharia elétrica, com depósito da patente entre os anos de 2010 e 2019. A análise interdisciplinar foi baseada no título, resumo e referências das patentes com os resultados dessa análise evidenciados na Fig. 6. O Georgia Institute of Technology apresentou somente uma patente depositada no período e essa patente não pertencia à engenharia elétrica logo considerou-se o valor nulo para essa instituição.

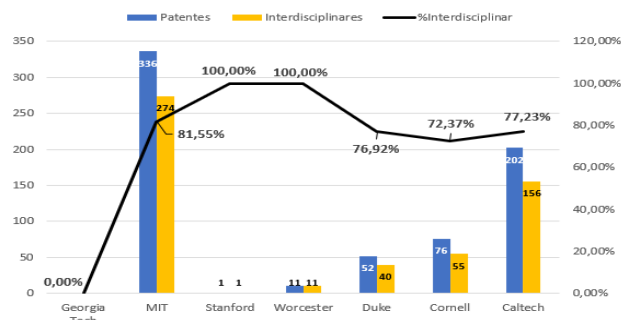


Fig. 6 Análise quantitativa das patentes interdisciplinares (universidades americanas)

É notável que o percentual interdisciplinar é bastante elevado em ambos os países, contudo os EUA têm um número significativamente maior de patentes já concedidas, ao contrário do Brasil que a grande maioria dos pedidos de patentes ainda não foram concluídos. Ficou evidente durante o levantamento dos dados a preocupação dos pesquisadores dos EUA em uma vasta gama de áreas, com destaque para as áreas química, física e de saúde, enquanto no Brasil grande parte das patentes interdisciplinares pertenciam a um contexto químico ou relacionado à alguma outra engenharia.

6. CONCLUSÃO

Após todas as análises que conduzimos, constatamos que a interdisciplinaridade é um dos principais fatores que determinam a qualidade e relevância da produção acadêmica como um todo, porém a ausência de auxílio financeiro e incentivos a sua prática fazem com que essa relevância seja diminuída consideravelmente como demonstrado nas análises de publicações e citações, análises financeiras e de patentes.

No que tange ao Brasil, necessita-se por parte do ramo acadêmico demonstrar ao setor político através de pesquisas, que o investimento na área de educação aliado às mudanças estruturais das universidades (promovendo ambientes colaborativos de pesquisa) geram um conhecimento agregado que fomentam um retorno financeiro às universidades, na forma de parcerias com as empresas, seja no desenvolvimento de novas patentes ou estudos relevantes para a área. Como visto no modelo americano, tais características estão melhor definidas proporcionando maior êxito na pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FAPEMIG, ao CNPq, à CAPES e ao INERGE pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ABET, 2019. *Criteria for accrediting Engineering Programs*. [Online] Available at: <https://www.abet.org/wp->

- content/uploads/2020/03/E001-20-21-EAC-Criteria-Mark-Up-11-24-19-Updated.pdf [Accessed 21 Maio 2020].
- ABET, 2020. *About ABET*. [Online] Available at: <https://www.abet.org/about-abet/> [Accessed 21 Maio 2020].
- Adams, J., Loach, T. & Martin, S., 2016. Interdisciplinary research: Methodologies for identification and assessment. *Digital Research Reports*, pp.1-8.
- Allmendinger, J., 2015. 1831-9424 *Quests for interdisciplinarity: a challenge for the ERA and HORIZON 2020. Policy Brief by the Research, Innovation, and Science Policy Experts (RISE)*. Bruxelas: European Commission.
- Barreto, F.C.S. & Borges, M.N., 2009. Novas políticas de apoio à pós-graduação: o caso FAPEMIG-CAPES. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 17(65), pp.599-612.
- Bustamante, N., n.d. *Entenda os diferentes tipos de mestrado na França*. [Online] Available at: <https://www.estudarfora.org.br/entenda-os-diferentes-tipos-de-mestrado-na-franca/> [Accessed 4 Maio 2020].
- CAPES, 2019. *Documento de Área Interdisciplinar*. [Online] Available at: https://www.capes.gov.br/images/Documento_de_%C3%A1rea_2019/INTERDISCIPLINAR.pdf [Accessed 8 Maio 2020].
- College Factual, n.d. *College Factual Rankings*. [Online] Available at: <https://www.collegefactual.com/rankings/> [Accessed 15 Abril 2020].
- FindAMasters, 2020. *Masters Study in Germany - A Guide for 2020*. [Online] Available at: <https://www.findamasters.com/study-abroad/europe/masters-study-in-germany.aspx> [Accessed 3 Maio 2020].
- Freitas, M.d.F.Q.d. & Souza, J., 2018. Pensar a formação e a pesquisa na pós-graduação stricto sensu. *Educar em Revista*, 34(71), pp.9-18.
- Gibbons, M.T., 2019. Higher Education R&D Funding from All Sources Increased for the Third Straight Year in FY 2018. *NSF InfoBriefs*, 13 Novembro. pp.1-7.
- Google, n.d. *Google Academics*. [Online] Available at: <https://scholar.google.com.br/?hl=pt> [Accessed 15 Abril 2020].
- Governo Federal Brasileiro, n.d. *MEC - Ministério da Educação*. [Online] Available at: <https://www.mec.gov.br/> [Accessed 20 Abril 2020].
- Harzing, A.-W., 2016. *Publish or Perish*. [Online] Available at: <https://harzing.com/resources/publish-or-perish> [Accessed 23 Abril 2020].
- INPI, n.d. *Consulta à Base de Dados do INPI*. [Online] Available at: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp> [Accessed 9 Maio 2020].
- Junior, J.Z., Alcalá, R.C. & Figueiredo, S.P., 2015. A interdisciplinaridade em pauta no cenário acadêmico internacional. *Jornal da Unicamp*, 9 a 15 Novembro.
- Kniffin, K.M. & Hanks, A.S., 2017. Antecedents and near-term consequences for interdisciplinary dissertators. *Scientometrics*, 27 Março. pp.1225-50.
- Lattuca, L.R. & Voigt, L.J., n.d. *Interdisciplinary Courses and Majors in Higher Education*. [Online] Available at: <https://education.stateuniversity.com/pages/2106/Interdisciplinary-Courses-Majors-in-Higher-Education.html> [Accessed 4 Maio 2020].
- Melo, E.G.d., Bazzanella, S.L. & Birkner, W.M.K., 2011. A interdisciplinaridade como postura científica e epistemológica diante dos desafios contemporâneos na formação do ser humano no século XXI. *Revista Húmus*, (3), pp.6-27.
- Millar, M.M. & Dillman, D.A., 2010. *Defining and Identifying Interdisciplinary Research among Doctoral Candidates*. Washington.
- Ministério da Educação, n.d. *Qual a diferença entre pós-graduação lato sensu e stricto sensu?* [Online] Available at: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=13072:qual-a-diferenca-entre-pos-graduacao-lato-sensu-e-stricto-sensu> [Accessed 15 Maio 2020].
- Moraes, M.C., 2002. *O paradigma educacional emergente*. São Paulo: Papirus.
- Morin, E. & Kern, A.B., 2003. *Terra-Pátria*. 4th ed. Porto Alegre: Sulina.
- National Science Foundation, 2018. *Survey of Earned Doctorates*. [Online] Available at: <https://www.nsf.gov/statistics/srvydoctorates/> [Accessed 01 Maio 2020].
- Sá, C., 2008. Interdisciplinary Strategies in American Research Universities. *Higher Education*, 01 Maio. pp.537-52.
- Silva, M.P.G.O.d., 2010. SOMMERMAN, Américo. *Inter ou Transdisciplinaridade? Da fragmentação disciplinar ao novo diálogo entre os saberes*. São Paulo: Paulus. Coleção Questões Fundamentais da Educação. 75 pp, ISBN 85-349-2453-8, 2006. *Revista e-Curriculum*, 1(2).
- Smith, J., 2020. *What is a Masters degree?* [Online] Available at: <https://www.prospects.ac.uk/postgraduate-study/masters-degrees/what-is-a-masters-degree> [Accessed 03 Maio 2020].
- Springer Nature, 2015. *Mind Meld. Interdisciplinary science must break down barriers between fields to build common ground*. *Nature*, 16 Setembro. pp.289-90.
- UPSTO, n.d. *UPSTO Patent full-text and image database*. [Online] Available at: <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-adv.htm> [Accessed 14 Maio 2020].
- Velasco, C., 2017. *Quais são os tipos de mestrado no exterior?* [Online] Available at: <https://meprepara.com.br/mestrado-blog/tipos-mestrado-exterior/> [Accessed 05 Maio 2020].
- Weingart, P., n.d. *Interdisciplinarity and the new governance of universities*. [Online] Available at: <http://www.iea.usp.br/noticias/documentos/interdisciplinarity-and-the-new-governance-of-universities> [Accessed 02 Maio 2020].