REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA
ISSN: 2178-1974
2022, Vol.12, No. 25
DOI 10.23972/det2022iss25pp85-97

PGDESIGN
www.pgdesign.ufrgs.br

Mapeamento tecnológico no Design Generativo a partir da análise de patentes e artigos

Matheus D. M. Almeida[1]; Ana C. K. Maranhão[2]

1 *Mestre pelo Programa de Pós Graduação em Design da Universidade de Brasília (UnB) e formado pela Faculdade de Comunicação (UnB).*

2 *Doutora em Comunicação pela Universidade de Brasília. Professora permanente do Programa de Pós-graduação graduação em Design (UnB) e docente da Faculdade de Comunicação (UnB).*

RESUMO

A relevância do Design Generativo ganhou espaço, desde a década de 1980. Balanceado por um jogo de forças, o Design Generativo apresenta ampla expansão na produção científica, fruto da maturidade de pelo menos 40 anos de trajetória desde os primeiros registros. Por outro lado, a recente escalada no interesse de instituições relacionadas ao desenvolvimento tecnológico, gerou crescimento significativo no número de patentes a partir de meados de 2015. Pela natureza técnica do campo, a ponte entre essas duas forças encontra caminhos abertos para que o tema cresça cada vez mais nos próximos anos. Diante de tal cenário, o presente artigo tem como objetivo investigar o ambiente científico e tecnológico no âmbito do Design Generativo, a partir de um mapeamento realizado em bases de dados de artigos e patentes. Com vistas ao desenvolvimento de novas pesquisas, o estímulo ao ensino de tecnologias emergentes, bem como aos benefícios do investimento em Pesquisa e Desenvolvimento e transferência de tecnologia na área, a pesquisa busca atrair novos olhares e a ampliação dos esforços no Brasil e no mundo. Pretende-se a partir dessas informações identificar a relevância, interesses e mobilizações tecnológicas dos atores, o que poderá indicar concentrações de forças e uma necessidade de maior competitividade no segmento. Como resultado central, a pesquisa apresenta os principais atores envolvidos na produção científica e tecnológica no Design Generativo no mundo, bem como os subgrupos de patentes da *International Patent Classification* de maior interesse dos cinco maiores depositantes. A pesquisa também revela a oportunidade para que as universidades protagonistas da produção científica no tema, articulem-se na criação de ações que favoreçam o contexto de propriedade intelectual em seus polos de atuação, o que pode servir como fator favorável a um ambiente mais competitivo no Design Generativo fortalecido a partir de Sistemas Nacionais de Inovação Regionais e Locais especializadas.

PALAVRAS-CHAVE

Mapeamento tecnológico; Design Generativo; Design Computacional; Pesquisa e Desenvolvimento; Patentes

Technological mapping in Generative Design from the analysis of patents and articles

ABSTRACT

The relevance of Generative Design has gained space since the 1980s. Balanced by a game of forces, Generative Design presents a wide expansion in scientific production, as a result of the maturity of at least 40 years of trajectory since the first records. On the other hand, the recent increase in the interest of institutions related to technological development generated a significant growth in the number of patents from mid-2015 onwards. Due to the technical nature of the field, the bridge between these two forces finds open paths for the theme to grow increasingly in the coming years. Faced with such a scenario, this article aims to investigate the scientific and technological environment within the scope of Generative Design, based on a mapping carried out in databases of articles and patents. With a view to developing new research, encouraging the teaching of emerging technologies, as well as the benefits of investing in Research and Development and technology transfer in the area, the research seeks to attract new eyes and expand efforts in Brazil and worldwide. It is intended from this information to identify the relevance, interests and technological mobilizations of the actors, which may indicate concentrations of forces and a need for greater competitiveness in the segment. As a central result, the research presents the main actors involved in the scientific and technological production in Generative Design in the world, as well as the International Patent Classification subgroups of patents of greatest interest to the five largest depositors. The research also reveals the opportunity for universities that are protagonists of scientific production on the subject, to articulate themselves in the creation of actions that favor the context of intellectual property in their areas of activity, which can serve as a favorable factor for a more competitive environment in the Generative Design strengthened from specialized National Regional and Local Innovation Systems.

KEYWORDS

Technological mapping; Generative Design; Computational Design; Research and Development; Patents

CONTATO: Matheus D. M. Almeida – *matheusdmalmeida@gmail.com*

© 2022 – Revista Design & Tecnologia

1. INTRODUÇÃO

O Design, enquanto disciplina transversal a vários campos do conhecimento, tem vivenciado transformações em seu contexto a partir da adesão de sistemas computacionais, utilizados como recurso de otimização de processos criativos e desenvolvimento de soluções. A partir desses sistemas, torna-se cada vez mais viável a execução de tarefas complexas, fator que tem aumentado o escopo de alternativas de intervenção dos designers.

Com origem no desenvolvimento de projetos arquitetônicos, o Design Computacional vem apresentando maiores capacidades a partir da adesão de modelos de simulações, otimização evolucionária e algorítmica, o que culminou no surgimento do Design Generativo, objeto de estudo da pesquisa. Entende-se como Design Computacional o campo em que os sistemas passam a criar junto com o designer, atuando como geradores de soluções e como Design Generativo o campo em que tais sistemas atuam de modo automatizado na resolução de problemas complexos até que todos os critérios estabelecidos sejam cumpridos (CAETANO, SANTOS e LEITÃO, 2020).

Na perspectiva de produção científica, o Design Generativo tem seus primeiros registros identificados em meados da década de 1980, alcançando popularidade e relevância no meio acadêmico a partir de 2004 (CAETANO, SANTOS e LEITÃO, 2020). Por sua prevalência técnica, novas tecnologias começam a surgir e adquirir progressivos níveis de prontidão tecnológica, o que permite que soluções estejam mais facilmente disponíveis, como no recente lançamento do *software* de Design Generativo da empresa americana *Autodesk*, que utiliza abordagens evolutivas da natureza para auxiliar na criação automatizada de um número extenso de formas a partir de parâmetros configurados pelo designer.

Em um contexto de aceleração tecnológica, inovações e descobertas surgem a cada dia, tornando o cenário da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico (P&D) cada vez mais intenso e proeminente, fator que pode ser observado nos indicadores crescentes de artigos e patentes ao longo dos anos. No entanto, apesar do cenário favorável, algumas organizações com grande potencial de investimento têm aproveitado oportunidades para garantir reservas de mercado, fator que tem gerado grande concentração de recursos nas mãos de poucos decisores.

Contextos como esse, de rápidas mudanças e elevado grau de incertezas, demandam novas abordagens que proporcionam a análise de volumes extensos de dados, o que facilita a investigação do campo como um todo. Métodos de mapeamento tecnológico, ferramentas utilizadas no campo da Prospecção Tecnológica, encontram nos indicadores bibliométricos de publicações científicas e patentométricos, com documentos patentários, uma forma de ampliar a compreensão do ambiente, a partir de uma visão global do cenário e suas interligações. Amplamente utilizados no contexto de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), tais ferramentas facilitam a identificação de atores chave, desafios e oportunidades, o que disponibiliza mais recursos para processos decisórios, uma vez que aumentam a consciência a partir da organização, gestão, intercâmbio e disseminação da informação de forma sistemática (CANONGIA, PEREIRA e ANTUNES, 2006).

O presente artigo tem como objetivo investigar o ambiente científico e tecnológico no Design Generativo, a partir de um mapeamento realizado em bases de dados de artigos e patentes. Com vistas ao favorecimento de novas pesquisas, ao estímulo do ensino de tecnologias emergentes, bem como aos benefícios do investimento em Pesquisa e Desenvolvimento, a pesquisa busca atrair novos olhares e a ampliar esforços no Brasil e no mundo em prol de cenários mais competitivos e equânimes.

Como pergunta central norteadora, questiona-se quem são os principais atores envolvidos na produção científica e tecnológica no campo do Design Generativo e quais são subgrupos de patentes de maior concentração categorizados na *International Patent Classification (IPC)*. Desta forma, pretende-se identificar quais e quantos são os detentores de grande parte do conhecimento científico e tecnológico, o que poderá indicar a necessidade de um ambiente mais descentralizado. Como contribuições futuras, espera-se que uma cultura de prospecção tecnológica, ou seja, a realização de monitoramento frequentes como forma de avaliação de novas produções e oportunidades seja uma realidade mais viva no contexto do Design Generativo. Novos debates e colaborações, quando empreendidos, podem facilitar a priorização de produtos, parcerias e/ou consórcios estratégicos.

2. NOVAS TECNOLOGIAS E A CORRESPONDENTE PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Não limitado ao ambiente digital, o Design Generativo estende suas possibilidades não só na criação de produtos ou construtos arquitetônicos, mas também por novas dinâmicas e processos de criação, revelando abordagens e possibilidades criativas. Fisher e Herr (2001), reforçam que o enfoque no âmbito digital permite ao designer a análise das etapas anteriores à modelagem, produção ou aplicação, a partir da inserção de uma nova variável: os Sistemas Generativos, como apresenta a **Figura 1**, que segue.

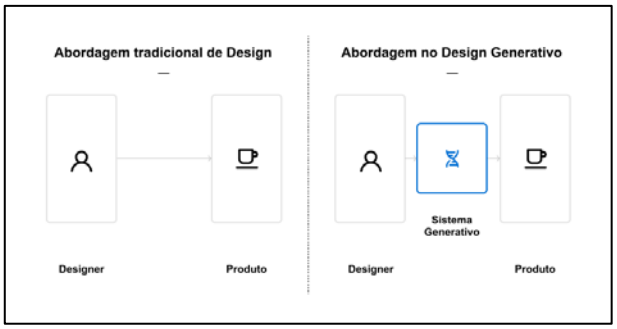


Figura 1 Abordagem no Design a partir do uso de Sistemas Generativos. Fonte: Fisher e Herr (2001) – adaptado pelo autor.

A presença do sistema generativo altera a abordagem tradicional de design uma vez que passa a intermediar o processo criativo atuando em conjunto com o designer, que agora pode beneficiar-se de um aumento na quantidade de soluções geradas, otimização de performance e processos de seleção, por exemplo (FISCHER e HERR, 2001). Caetano (2020) afirma que, uma vez iniciado o processo, o sistema generativo atua na execução das instruções configuradas até que os critérios estejam estabelecidos, portanto nesse campo, é comum o surgimento de resultados complexos a partir de simples algoritmos, caracterizando uma não rastreabilidade entre o que foi configurado e os designs gerados.

O balanço de forças no Design Generativo é influenciado de um lado pelas descobertas científicas, em um contexto de pesquisa aquecido e bem estruturado em *journals* e conferências por todo o mundo e por outro, na ampla conexão com instituições de desenvolvimento tecnológico, que têm aplicado essas descobertas em áreas que podem ir do Design à Arquitetura e da Engenharia à Bioinformática, revelando novas oportunidades de uma transversalidade cada vez maior entre o Design e outras áreas do conhecimento.

Cada vez mais difundido, o tema tem sido foco de análise de empresas especializadas em estudos de mercado, como a *Verified Market Research* (2020), que avaliou o mercado global do Design Generativo em 2019 em US$ 128,46 milhões, com crescimento projetado para US$529,04 milhões até 2027. Já a *Market Data Forecast (2021)*, projeta crescimento de US$ 141 milhões (2019) para US$ 315 milhões (2025), o que em ambos os cenários representa um crescimento significativo, fator relevante no cenário descrito pela pesquisa.

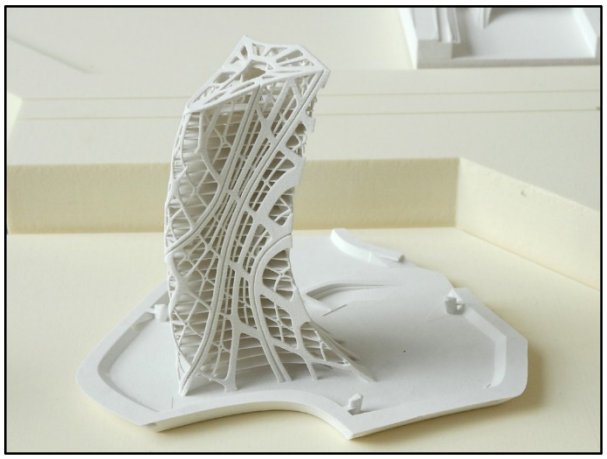


Figura 2 Fotografia de modelo criado a partir de processo Generativo "Le pavillon de l'Autriche" (Patrick Schumacher, 2010) - "Le pavillon de l'Autriche (Venise)" by dalbera is licensed under CC BY 2.0

Diante de tais projeções, possíveis transformações de cenários geram expectativas de novos impactos, o que aumenta a relevância dos Estudos Prospectivos, disciplina que oferece compreensão sobre ambientes cercados por incertezas (PORTER, 1992). A partir dessa abordagem é possível estabelecer uma visão sistêmica do ambiente, visualização de tendências e interconexões de relevância, o que gera a identificação de novas oportunidades, mas também desafios.

Como ferramenta, a Prospecção Tecnológica baseia-se em diferentes métodos ou atividades que atuam na captação, tratamento e análises de informações, com foco total na tomada de decisão da comunidade ou empresa estudada (ANTUNES et al., 2018). Os atores envolvidos, a partir dos resultados da prospecção realizada, podem gerar novas pesquisas científicas, formações técnicas ou atuar no favorecimento de oportunidades de investimento, proteção e transferência de tecnologias, entre outros, otimizando cada vez mais o ecossistema, como pode ser visualizado na **Figura 3**.

Canongia, Pereira e Antunes (2006) afirmam que decisões apoiadas em informações de maior valor agregado permitem a construção das bases de conhecimento de um futuro em que a competitividade e o desenvolvimento sustentável sejam mais prováveis. Fruto de vários estudos, a utilização de análises entre artigos e patentes não é novidade, no entanto, ressalta-se diferenças estruturantes entre os dois documentos, visto que no artigo, por essência, a natureza é de tornar públicas as descobertas, enquanto nas patentes o sigilo é fator determinante para o seu sucesso como reserva de mercado (MOURA, 2009).

Moura (2009) aborda a visão de Barbieri (2019) ao enfatizar que, apesar das diferenças, a articulação entre Ciência e Tecnologia na sociedade é tão grande que o desenvolvimento tecnológico só é sustentado a partir de uma correspondente produção de conhecimentos científicos. Refere-se comumente a esse contexto articulatório como sistema de Ciência Tecnologia e Inovação.

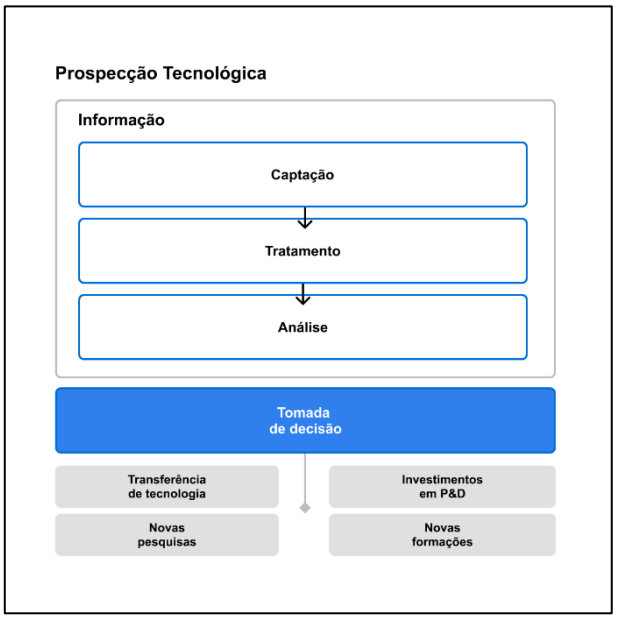


Figura 3 Esquema ilustrativo dos processos e benefícios da prospecção Tecnológica Fonte: (Antunes et al., 2018) – Adaptado pelo autor.

Diante de um cenário de constante mudança, os métodos prospectivos fazem uso de fontes formais de informação, como artigos e patentes, em conjunto com fontes informais, como dados de mídia especializada, sendo os artigos, importantes insumos para a cobertura ampla da literatura, e patentes, fontes de informação de prospecção tecnológica (CANONGIA, PEREIRA e ANTUNES, 2006). Em muitas atividades de prospecção, o uso das classes de patentes são fontes de conhecimento relevantes pois favorecem a possibilidade de comparações e tratamento estatístico.

Como elemento unificador aos referenciais teóricos, a Teoria do Enfoque Meta-Analítico Consolidado (MARIANO e SANTOS, 2017), foi utilizada enquanto método de análise bibliométrica de artigos. Tal escolha permitiu a compreensão do contexto a partir de ferramentas empregadas na sistematização visual de um vasto conjunto de dados. Para a análise das patentes, o Mapeamento Patentário (ANTUNES et al., 2018), foi empregado enquanto forma de identificação dos principais provedores de tecnologias, bem como seus enfoques estratégicos. A articulação teórica da pesquisa encontra-se na

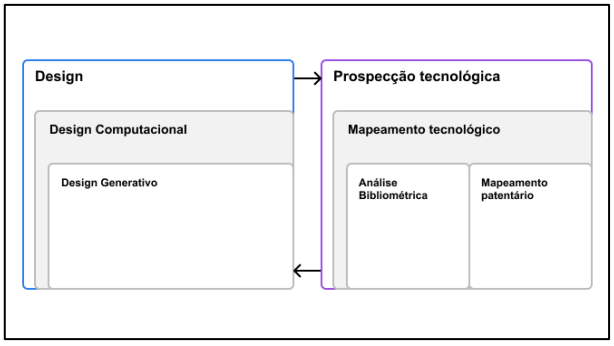


Figura 4 Esquema ilustrativo dos da relação entre os referenciais teóricos utilizados Fonte: (do autor)

Fica evidente no esquema apresentado a intersecção entre campos distintos, porém com abordagens convergentes. A unificação proposta pode ser benéfica aos campos, uma vez que o Design Generativo pode aumentar sua consciência de desenvolvimento científico e tecnológico a partir de novas análises e mapeamentos, o que gera novas demandas de

Prospecção tecnológica e necessidades de apoio aos processos de registro de propriedade intelectual.

3. MÉTODOS E MATERIAIS

O presente trabalho parte de uma pesquisa exploratória e descritiva, baseada em um *corpus* composto por 1.310 artigos e 208 patentes, analisados durante uma primeira fase de análise bibliográfica e documental. Tal etapa será empreendida por meio destes documentos representativos para a análise, que são instrumentos com inter-relação direta e apresentados enquanto elementos de conexão entre ciência e tecnologia.

Em termos estruturais, a pesquisa apresenta um método composto por três etapas. Na primeira, os dados primários e secundários coletados foram analisados, tratados e utilizados para a formação do referencial que integrou a segunda etapa da pesquisa, de análise bibliométrica a partir de *data e text mining*. As informações geradas na segunda etapa serviram de insumos para a análise qualitativa das informações (etapa 3), o que gerou o resultado da pesquisa. O detalhamento pode ser consultado a seguir:

1. **Seleção e categorização das bases de dados para busca e posterior análise:**
   - 1.1. Identificação de bases relevantes de patentes e de literatura científica atuantes no cenário global;
   - 1.2. Definição dos termos de busca;
   - 1.3. Análise prévia dos resultados;
   - 1.4. Definição de critérios para filtragem e refinamento da busca;
   - 1.5. Definição da amostra final analisada.

2. **Análise bibliométrica da amostra final:**
   - 2.1. Evolução do número de documentos de patentes, citações e artigos por ano;
   - 2.2. Razão entre o número de patentes e artigos por ano;
   - 2.3. Distribuição de artigos por país de origem;
   - 2.4. Quantidade de artigos por país, com identificação dos registros por base de dados;
   - 2.5. Número de documentos de patentes por país;
   - 2.6. Razão entre patentes e artigos por país;
   - 2.7. Dispersão de artigos e patentes por país a partir do modelo adaptado do Quadrante de Pasteur (CANONGIA, PEREIRA e ANTUNES, 2006);
   - 2.8. Identificação do número de documentos de patentes por depositantes;
   - 2.9. Número de documentos de patentes dos 18 depositantes com mais registros;
   - 2.10. Identificação dos cinco maiores depositantes de patentes;
   - 2.11. Evolução anual do número de depósitos realizados pelos cinco maiores depositantes de patentes;
   - 2.12. Diagrama de *Sankey* (MEIRELLES, 2013) com todos os registros de subclasses IPC identificadas nos cinco maiores depositantes de patentes;
   - 2.13. Números de registros por setores da sociedade das organizações consolidadas relacionadas nas bases de artigos;
   - 2.14. Número de registros por setores da sociedade dos depositantes de patentes.

3. **Análise qualitativa das informações:**
   - 3.1. Identificação de marcos a partir da evolução do número de documentos de patentes, citações e artigos por ano;
   - 3.2. Levantamento bibliográfico de indicadores macroeconômicos que podem ter acelerado os marcos de crescimento no campo;
   - 3.3. Análise comparativa dos registros de artigos e patentes por país;
   - 3.4. Identificação de oportunidades a partir da razão entre patentes e artigos por país e dispersão dos países no modelo adaptado do Quadrante de *Pasteur*;
   - 3.5. Análise dos setores da sociedade dos 18 maiores depositantes;
   - 3.6. Identificação da concentração de patentes por depositantes;
   - 3.7. Identificação dos interesses tecnológicos dos cinco maiores depositantes a partir da análise dos registros de subclasses IPC com maior concentração de interesses;
   - 3.8. Identificação de parcerias de colaboração estratégica entre os cinco maiores depositantes de patentes;
   - 3.9. Análise comparativa dos setores da sociedade com base nos registros de artigos e patentes;
   - 3.10. Identificação dos depositantes de patentes com registros também nas bases científicas.

O detalhamento da etapa 1, de seleção e categorização das bases de dados, pode ser encontrado no Apêndice 1, do presente artigo, tendo justificadas as escolhas pelas as bases *Web of Science* e *Scopus* para artigos científicos e *WIPO Pantescope* para patentes. A **Figura 5**, a seguir, apresenta o caminho metodológico empregado na pesquisa:

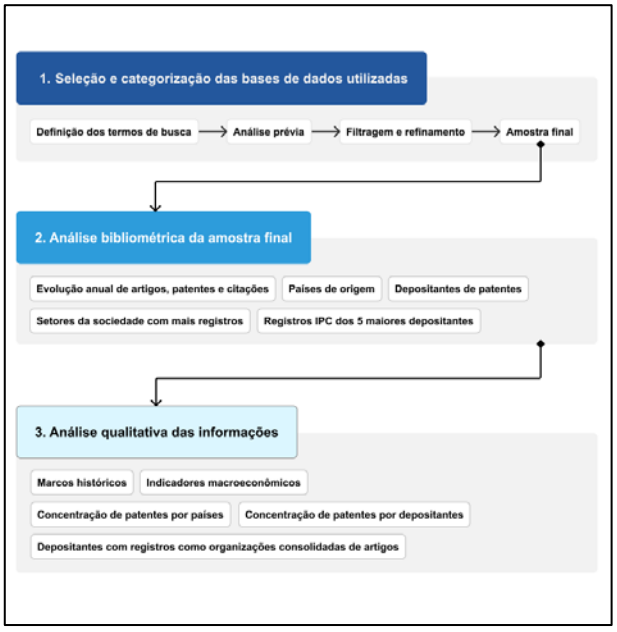


Figura 5 Caminho metodológico empreendido na presente pesquisa. Fonte: (do autor).

4. EVOLUÇÕES E MARCOS NO CENÁRIO DA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NO DESIGN GENERATIVO NO MUNDO

A análise temporal de indicadores nos permite visualizar marcos importantes em um dado contexto, que, quando investigados a fundo, podem revelar informações sobre fatores de influência, que ao longo dos anos transformaram o panorama analisado. Como escopo investigado, utilizou-se, inicialmente, a evolução do número de citações e registros de artigos e patentes por ano. Como previamente citado, os primeiros artigos identificados como Design Generativo possuem registros em 1985, seguindo pouco expressivos até os anos 2000, quando há um aumento de interesse. Na década de 2010 observou-se um crescimento relevante em todos os indicadores analisados, sendo meados de 2015 o período em que o crescimento de patentes começa a ser significativo. Os dados estão disponibilizados no **Gráfico 1**.

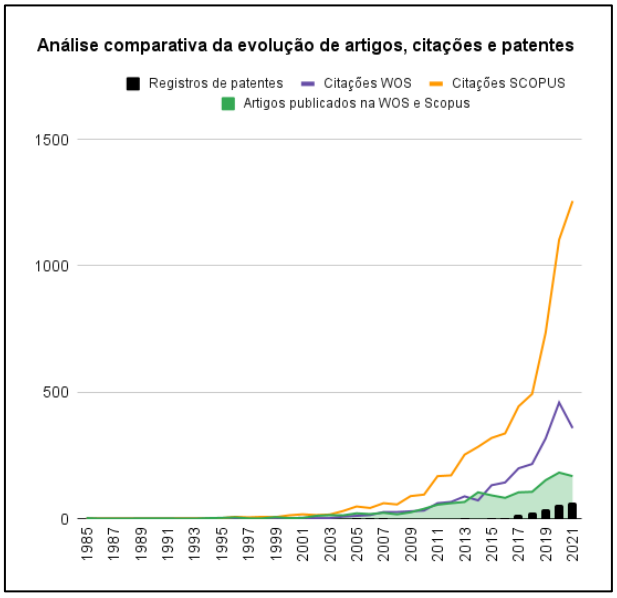


Gráfico 1 Análise comparativa da evolução de citações, artigos e patentes por ano. Fonte: (do autor)

A razão entre o número de patentes e artigos, torna os marcos ainda mais claros, o que demonstrou uma nova curva de crescimento a partir de 2010, quando em 2021 o número de patentes chegou a 37,5% do número total de artigos (**Gráfico 2**). Investigou-se, portanto, um conjunto de mudanças históricas que podem ter influenciado o crescimento do cenário de Design Generativo no período.

Por tratar-se, de um campo inserido no Design Computacional, há a premissa de que o aumento da eficiência computacional e custos mais baixos de produção tenham acelerado os estudos no Design Generativo. Além disso, investigou-se a evolução de custos de processamento na nuvem, entrada do contexto de *Big Data* e projeções de crescimento no mercado de impressão 3D como fatores com potencial relação com o desenvolvimento do campo.

Como pode ser visualizado no **Gráfico 3**, a seguir, há um decréscimo progressivo nos custos de manufatura de semicondutores e componentes eletrônicos (U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS, 2021) a partir da década de 1990 sendo os menores custos alcançados a partir de 2015, o que indica uma tendência de barateamento coincidente com os marcos apontados na evolução temporal do **Gráfico 1**. Custos de fabricação menores podem ter facilitado o acesso a computadores e acelerado o desenvolvimento no campo.

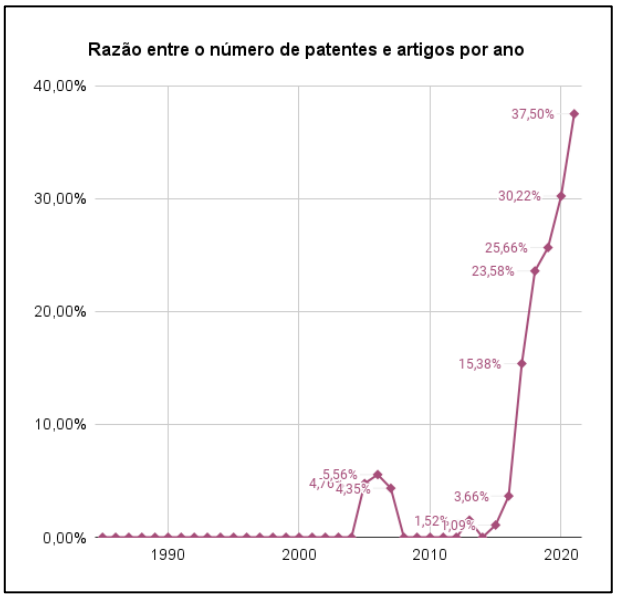


Gráfico 2 Razão entre o número de patentes e artigos por ano. Fonte: (do autor)

Vale ressaltar que o barateamento na produção não necessariamente resulta em maior eficiência. No entanto, no **Gráfico 4** é possível visualizar uma tendência de aumento de eficiência computacional, medida no decréscimo na necessidade de *watts* por milhão de instruções por segundo (KURZWEIL, 2005), tendo os maiores índices de eficiência mapeados a partir dos anos 2000. De forma similar, no **Gráfico 5**, quando analisado o crescimento de *FLOPS* em supercomputadores ao longo dos anos, fica claro o aumento de eficiência a partir de 2010 e crescimento considerável a partir de meados de 2015 (TOP500 SUPERCOMPUTER DATABASE).

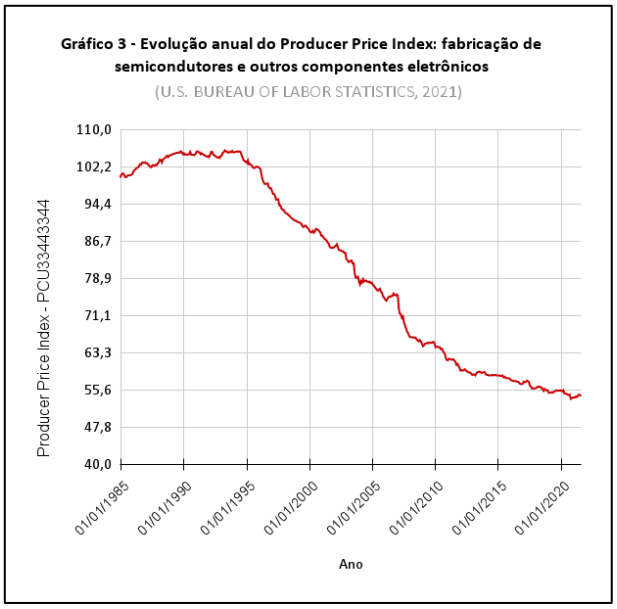


Gráfico 3 Índice de preços de fabricação de semicondutores e outros componentes eletrônicos por ano. Fonte: (U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS, 2021) – adaptado e traduzido pelo autor

Como afirmado pelo *Technology Policy Institute – TPI* (TECHNOLOGY POLICY INSTITUTE, 2018), a queda progressiva nos preços de computadores pessoais nas últimas décadas, aliada ao baixo custo de processamento, armazenamento e transferência, viabilizou o acesso a computadores com mais recursos por uma grande parcela de pessoas. O instituto ainda

afirma que, de forma relativamente repentina, houve mais disponibilidade de computadores de ponta a pequenas empresas, e não mais somente a grandes empresas.

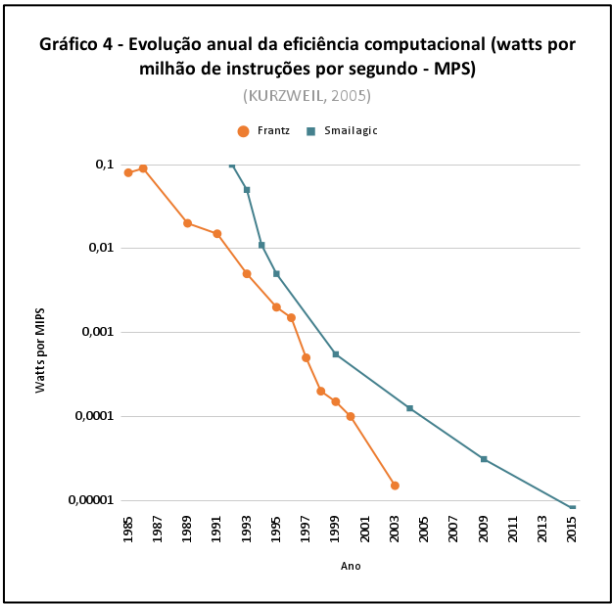


Gráfico 4 Evolução da eficiência computacional por ano. Fonte: (KURZWEIL, 2005) – adaptado e traduzido pelo autor

Com relação aos indicadores de *Big Data*, a disponibilidade de um vasto conjunto de dados a partir de 2001 intensificou o desenvolvimento de campos como *machine learning* e *deep learning* (RUSSEL e NORVIG, 2010). Tal marco é condizente com o fato de que o Design Generativo, em alguns casos, tem se beneficiado da disponibilidade de dados para aumentar performance de soluções geradas e na criação de cenários preditivos de comportamento. O dado apresentado por Russel & Norvig (2010), pode ser confirmado no **Gráfico 6**, que demonstra a diminuição nos custos de mobilização de dados na Internet, em que fica claro que a partir dos anos 1998 os custos caíram vertiginosamente até 2002, chegando a $0,63 por Mbps em 2015 (DR. PEERING INTERNATIONAL, 2010), data que coincide com o crescimento no número de patentes no Design Generativo.

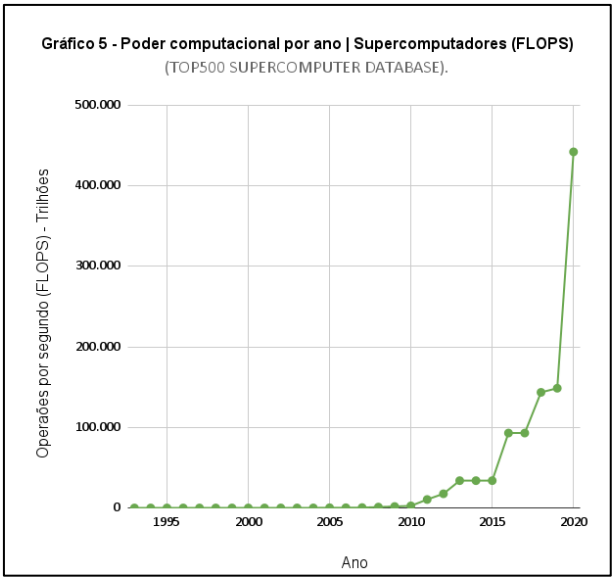


Gráfico 5 Poder computacional por ano. Fonte: (TOP500 SUPERCOMPUTER DATABASE) – adaptado e traduzido pelo autor.

Segundo a *Market Data Forecast* (2021), há um movimento no Design Generativo em relação aos campos da Inteligência Artificial (IA) e *Cloud Computing*, que devem apresentar crescimento consideráveis nos próximos anos. A consultoria, aponta um aumento na demanda da indústria para a fabricação de designs menores, complexos e com maior performance, especialmente no segmento automotivo. Novos *softwares CAD (Computed Aided Design)* com funcionalidades de Design Generativo embarcadas, apresentam oportunidades para que mais engenheiros, arquitetos e designers desenvolvam soluções.

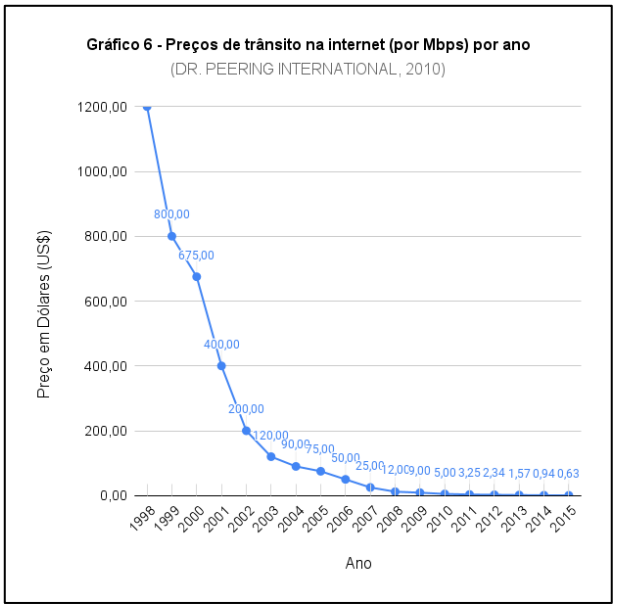


Gráfico 6 Preços de trânsito na internet. Fonte: (DR. PEERING INTERNATIONAL, 2010) – adaptado e traduzido pelo autor.

Além das expectativas por novos sistemas computacionais, o mercado de impressão 3D é também ponto de relevância no Design Generativo. Com projeções de crescimento de US$12.6 bilhões (2021) para US$ 34.8 bilhões em 2026 (MARKETS AND MARKETS, 2021), o setor foi ainda mais acelerado pela demanda de ventiladores durante a pandemia da COVID-19. Além disso, parcerias de estratégicas e entre empresas como *Autodesk, HP (Hewlett Packard)* e *GE (General Electric)* para a implementação de funcionalidades de *software* compatíveis com impressoras 3D são fatores estratégicos de relevância.

De modo geral, o ambiente de pesquisa e desenvolvimento no Design Generativo é observado pelo mercado com grandes expectativas. Mudanças como a evolução da capacidade de processamento e aumento na eficiência computacional vividos a partir dos anos 2000 propiciaram ambiente favorável ao desenvolvimento do campo, que agora intensifica-se com o crescimento no mercado de impressão 3D e adesão de novas tecnologias de Inteligência Artificial. Ambientado o contexto e variáveis envolvidas, interessa ao estudo apresentar os dados de cruzamento entre patentes e artigos, tema da próxima seção.

5. MAPEAMENTO TECNOLÓGICO A PARTIR DE ARTIGOS E PATENTES

Como resultado central, a pesquisa apresenta os principais atores envolvidos na produção científica e tecnológica no design Generativo, bem como os subgrupos IPC de patentes de maior interesse dos cinco maiores depositantes. Pretende-se a partir dessas informações identificar a relevância, interesses e mobilizações tecnológicas dos atores, o que poderá indicar

concentrações de forças e uma necessidade de maior competitividade no segmento.

Análise empregada foi subdivida em duas fases: i) Apresentação dos países com mais registros em artigos e patentes, e, ii) apresentação dos principais depositantes de patentes seus esforços de investimento.

5.1 Países com mais registros em artigos e patentes

A identificação dos países com maior produção científica, de inovações e tecnologias no campo do Design Generativo mostra-se essencial para que a comunidade amplie o seu poder decisório para a alocação de seus esforços estratégicos. Desta forma, iniciou-se o estudo pela distribuição de registros identificados nas bases de artigos, com objetivo de identificar se há similaridades nos polos globais de estudo no tema.

Os resultados revelaram uma similaridade alta, ainda que a amostra da base *WOS* tenha 431 resultados em comparação com os 879 da *Scopus*, dado que pode ser visualizado no **Gráfico 7**. Como pode ser percebido, há uma prevalência de registros nos Estados Unidos, no Reino Unido, na China, Alemanha e Austrália, sendo Portugal um dos principais países que publicam na *WOS*. É possível identificar o Brasil nas duas bases e uma concentração em diferentes países da Europa.

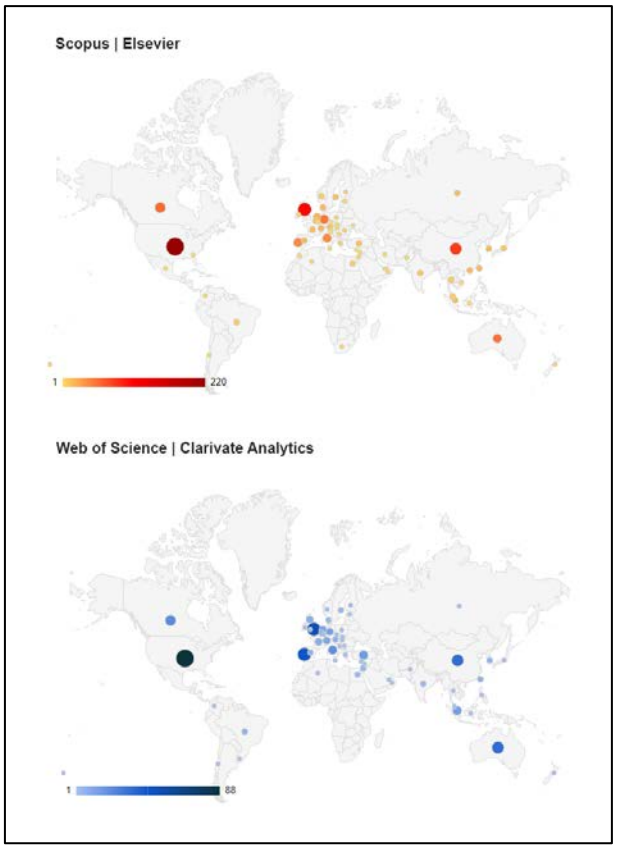


Gráfico 7 Distribuição de registros nas bases científicas por país de origem. Fonte: (do autor).

Para realizar o cruzamento de patentes e artigos, foram analisados os dados dos 10 países com maior número de registros nas bases científicas, o que constatou que nem todos apresentaram patentes. Tomou-se como norte a análise dos 208 documentos de patentes, com o objetivo de identificar países com patentes não necessariamente alocados na lista dos 10 maiores produtores científicos, o que gerou a inclusão da Irlanda, Eslováquia, Suécia, Brasil, Índia e Bélgica. Os dados comparativos podem ser visualizados nos **Gráficos 8 e 9**.

A relação entre artigos e patentes, como demonstrada por Canongia, Pereira e Antunes (2006), serve de indicador para a análise do quanto da produção científica tem tido suas descobertas protegidas e favorecidas por processos de proteção intelectual, sendo fontes de recurso financeiro e estratégico para os pesquisadores, depositantes e para o próprio país em questão. Em outras palavras, melhores indicadores representam tendência a uma maior competitividade do país, o que tende a promover o surgimento de um setor de Ciência, Tecnologia e Inovação interno responsável por garantir que novas descobertas desenvolvidas naquele país de origem não virem tecnologias que precisem ser adquiridas de países terceiros.

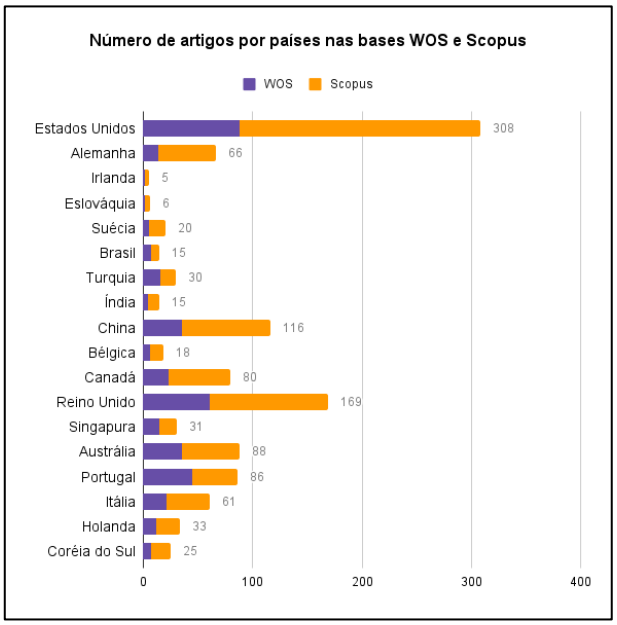


Gráfico 8 Número de artigos por países nas bases *WOS e Scopus*. Fonte: (do autor).

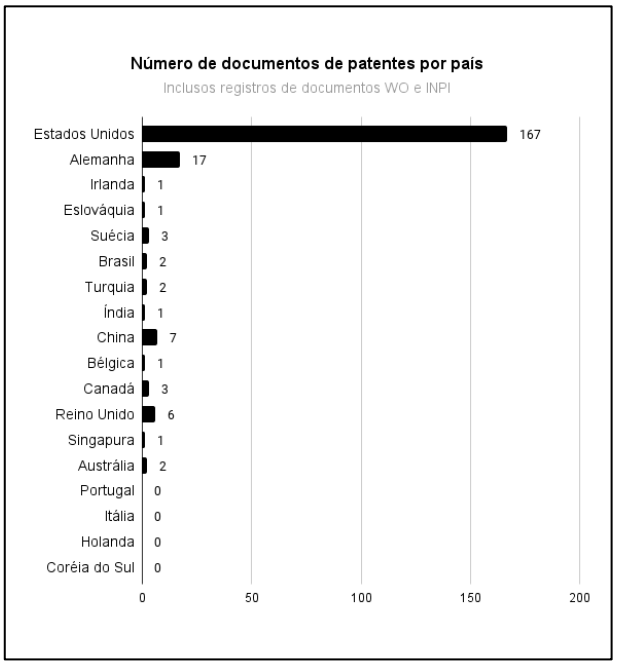


Gráfico 9 Número de documentos de patentes por país. Fonte: (do autor).

É possível perceber, a partir dos dados do **Gráfico 9**, que países com ampla produção científica no tema, como Portugal,

Itália, Holanda e Coréia do Sul, não apresentaram patentes e que países de menor produção científica no Design Generativo como Brasil, Irlanda, Índia e Eslováquia já possuem. Quando realizada a razão entre patentes e artigos por país, disponível no **Gráfico 10**, o resultado fica evidente, mostrando a predominância e ampla vantagem dos Estados Unidos como aquele em que o contexto de Ciência, Tecnologia e Inovação encontra-se mais aquecido.

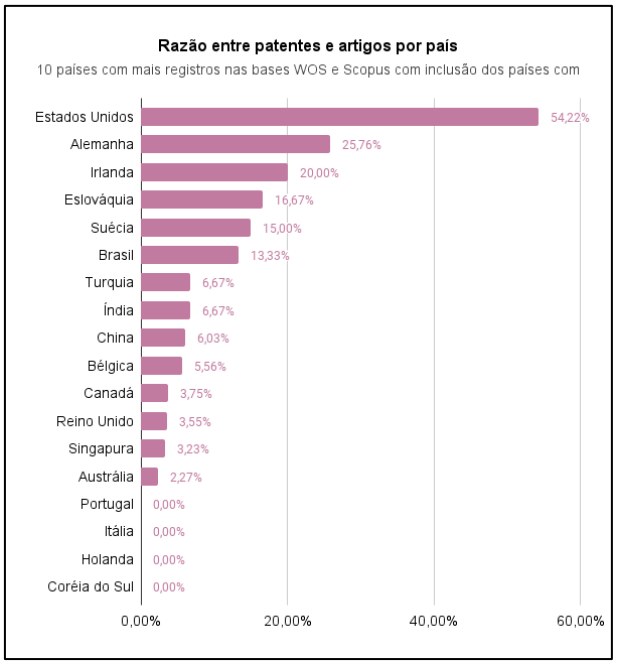


Gráfico 10 Razão entre patentes e artigos por país. Fonte: (do autor).

É possível observar também que o Reino Unido, segundo maior em número total de artigos publicados, encontra-se na 12ª posição quando analisada a razão entre patentes e artigos, o que indica perda de oportunidades de reserva de mercado, visto que o número de patentes no país é somente 3,55% do total do número de artigos, bem diferente dos 54,22% dos Estados Unidos.

De forma distinta, também é viável, a partir do Quadrante de *Pasteur*, em seu modelo adaptado (CANONGIA, PEREIRA e ANTUNES, 2006), visualizar o posicionamento dos países em uma dispersão que envolve quatro quadrantes. Cada quadrante apresenta posicionamentos que abordam níveis diferentes de produção científica em relação à produção de inovação e tecnologias na forma de patentes. São eles:

- **Quadrante I:** relevância científica e tecnológica em níveis iniciais, porém com potencial de desenvolvimento para os demais quadrantes;
- **Quadrante II (*Bohr*):** representa o arquétipo de cientistas como *Niels Bohr*, em que há um enfoque em direção ao conhecimento universal, porém de impacto prático limitado, pelo menos em sua fase de descoberta;
- **Quadrante III (*Pasteur*):** aquele em que há ampla relevância para o avanço do conhecimento e para as aplicações imediatas, assumindo o arquétipo de *Pasteur*, criador das bases da Microbiologia ao estudar problemas de fermentação na fabricação de bebidas alcoólicas;
- **Quadrante IV (*Thomas Edison*):** aquele em que há um enfoque no curto e médio prazo, porém com impacto limitado para o avanço do conhecimento. O arquétipo de *Edison*, indica uma abordagem prática às descobertas.

Diante da importância da ciência e tecnologia na sociedade, é possível afirmar que o cenário ótimo de posicionamento nos quadrantes encontra-se no quadrante de *Pasteur*, por demonstrar um equilíbrio entre os dois universos. Canongia, Pereira e Antunes (2006) reforçam que não há prejuízo nos demais quadrantes, no entanto, no quadrante de *Pasteur*, há o reconhecimento do conhecimento científico enquanto condição essencial ao desenvolvimento econômico e social, havendo impacto no desenvolvimento de novos produtos ou processos. Há assim, uma recomendação pelo desenvolvimento de políticas que priorizem o equilíbrio entre os setores.

No Design Generativo, como pode ser analisado no **Gráfico 11**, os Estados Unidos apresentam ampla vantagem, posicionando-se no quadrante de *Pasteur*, de maior domínio científico e tecnológico. Quando comparados com os EUA, os demais países encontram-se no quadrante I, fator que revela uma disparidade considerável. Realizou-se, portanto, uma segunda análise que excluiu os Estados Unidos do escopo, o que revelou o Reino Unido e a China posicionados no quadrante II, de *Bohr*, com esforços relacionados ao desenvolvimento do conhecimento científico, enquanto a Alemanha posiciona-se no quadrante IV, de *Edison*, com enfoque maior ao desenvolvimento tecnológico, de curto prazo.

Atualmente, Austrália e Canadá demonstram estar próximos ao quadrante II, e os demais países, ainda se concentram no quadrante I, fator que demonstra a necessidade de ações e colaborações estratégicas destinadas à diminuição do abismo existente entre os Estados Unidos. Oportunidades podem ser percebidas em países como Reino Unido e China, que podem atuar no estabelecimento de ações de fomento à propriedade intelectual, por exemplo. Já a Alemanha, encontra como oportunidades o desenvolvimento de iniciativas que favoreçam uma produção científica maior, o que levaria o país em direção ao quadrante III.

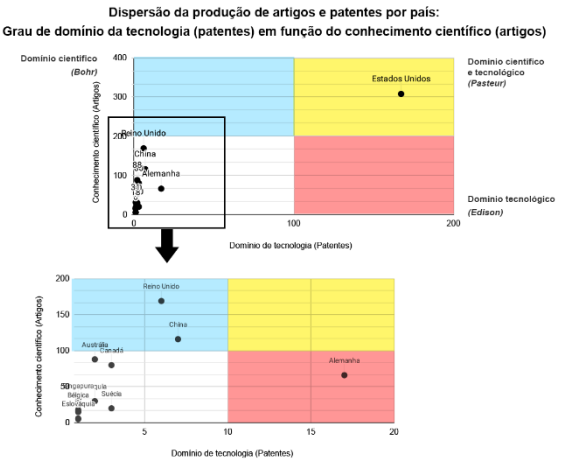


Gráfico 11 Dispersão de países em relação a quantidade de artigos e patentes de acordo com o Quadrante de Pasteur. Fonte: (do autor).

Desta forma, é possível afirmar ser relevante os esforços para uma distribuição equânime e menos concentrada nas mãos de um só *player*, o que beneficia a balança de relações no campo e torna o ambiente mais competitivo por mais tempo. Esta análise empreendida na fase 1 foi fundamental para identificar os polos de desenvolvimento no campo estudado, as relações de força entre a ciência e, a tecnologia e o respectivo posicionamento dos países neste contexto. No próximo item,

são apresentados os depositantes de patentes, organizações consolidadas e agências financiadoras de pesquisas científicas.

5.2 Principais depositantes de patentes e seus esforços estratégicos

Compreender quem são as organizações que mais tem depositado patentes e investido na produção científica, facilita a identificação das interconexões entre a ciência e tecnologia no campo. Investigou-se nessa etapa os 18 principais depositantes de patentes, havendo o estudo da evolução dos cinco maiores depositantes ao longo dos anos. Em seguida, foram analisadas as subclasses IPC de maior interesse dessas organizações, o que nos permitiu descobrir os principais esforços tecnológicos, similaridades de interesses e a existência de parcerias de colaboração.

Nesse estudo, também foram verificados os setores da sociedade das 18 principais depositantes, bem como a investigação se essas organizações estariam presentes no apoio ao desenvolvimento de artigos científicos. Tal análise é justificada com base na premissa de que, havendo depositantes de patentes que são também organizações consolidadas em artigos, ficará evidente que o cenário de pesquisa e desenvolvimento no campo encontra-se em um momento estratégico favorável para novas parcerias.

Dos 18 depositantes de patentes com mais registros, 17 deles eram empresas, sendo um deles o brasileiro, André Augusto Ceballos, neurocirurgião, com 4 documentos, todos depositados fora Brasil. Os 18 depositantes representam um total acumulado de 148 patentes, 71% da amostra de 208 patentes analisadas. Novamente fica evidente a concentração de documentos em poucos atores, como é o caso da empresa americana *Autodesk*, detentora de 67 documentos (32,2% da amostra), seguida da alemã *Siemens*, em segundo lugar com 17 (8,1%), dados que podem ser visualizados no **Gráfico 12**. A concentração fica ainda mais clara quando se percebe que os cinco maiores depositantes são detentores de 110 documentos, ou seja, 52,8% das inovações e tecnologias encontram-se sob posse de poucos, de um total de 213 depositantes, o que gera um alerta importante.

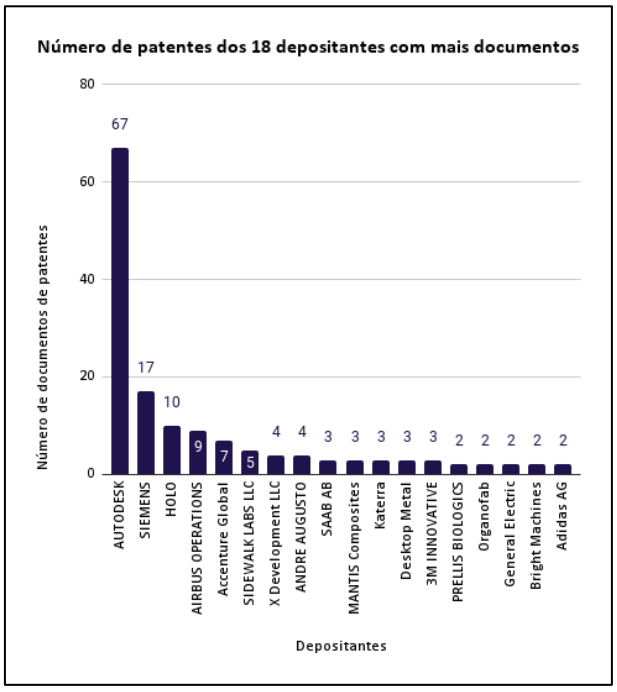


Gráfico 12 Seleção de 18 depositantes com maior número de registros de documentos patentários. Fonte: (do autor).

Chama a atenção a presença de diferentes segmentos, em especial o de defesa e segurança aeroespacial, com a empresa *SAAB* e o de saúde, a partir da produção de tecidos humanos sintéticos, com a *Prellis Biologics*, parceira de diversas universidades. Outro dado notório é o fato de que a norte-americana *Google*, a partir da sua subsidiária *Sidewalk Labs*, e *X Development LCC* encontra-se na sexta e sétima posições, que se somados os documentos, posicionariam a empresa empatada em quarto lugar com a *Airbus*, com nove documentos.

Se há uma concentração de forças, investiga-se, portanto, o crescimento dos cinco maiores depositantes ao longo dos anos, bem como os interesses tecnológicos de cada um deles. Com crescimento expressivo de 2017 a 2021, a *Autodesk* tem aumentado significativamente o número de registros ao longo dos anos, sendo 2020 o ano com maior número na data de análise como pode ser visto no **Gráfico 13**. Vale lembrar que o estudo é realizado em outubro de 2021, e que pode ter indicadores modificados até o fim do ano. Juntamente a ela, a *Siemens, Holo* e *Accenture* apresentam depósitos recorrentes, com exceção da *Airbus*, sem mais registros no tema após 2018.

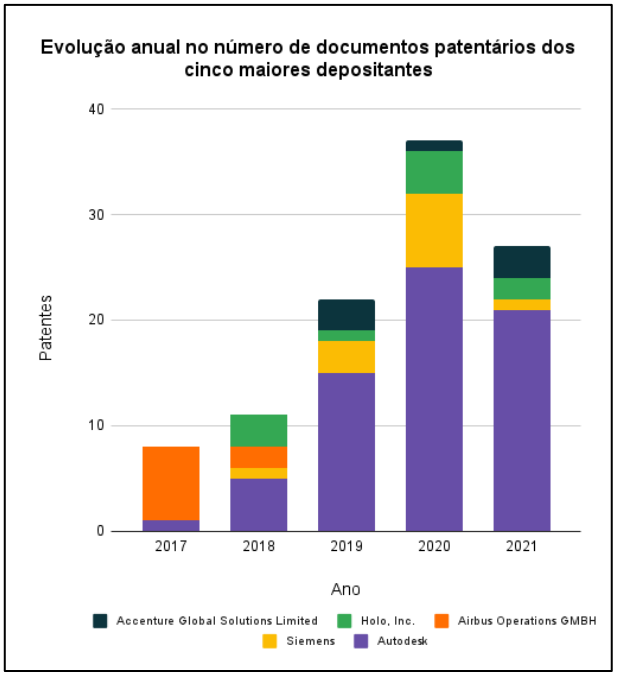


Gráfico 13 Evolução anual no número de patentes dos cinco maiores depositantes. Fonte: (do autor).

Para facilitar a identificação de interesses tecnológicos desses atores, realizou-se um Diagrama de *Sankey* (MEIRELLES, 2013), na plataforma *Sankey Matic*, a partir da contagem de todos os registros únicos de subclasses IPC vinculadas à WIPO por depositante (**Gráfico 14**).

As subclasses IPC são categorias vinculadas aos documentos de patentes em um modelo internacional que organiza as inovações e tecnologias de acordo com os atributos da invenção. É possível registrar uma mesma patente em mais de uma categoria IPC, o que torna mais precisa a classificação do invento.

Como pode ser percebido no diagrama, há uma concentração significativa dos diversos atores em algumas subclasses específicas. Há também a possibilidade de identificar convergências de interesses, como é o caso da *Autodesk, Siemens e Accenture*. O descritivo das subclasses de

maior convergência entre as empresas foi disponibilizado na **Tabela 1.**

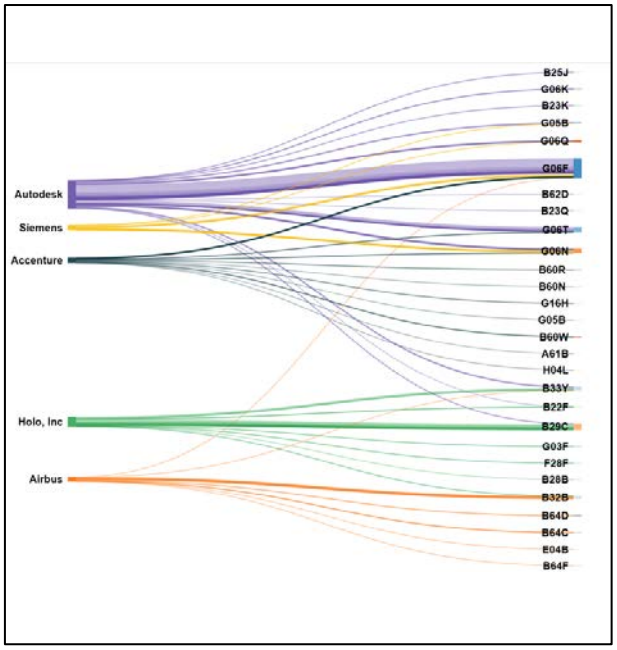


Gráfico 14 Diagrama de *Sankey* com todos os registros de subclasses IPC por depositantes. Fonte: (do autor).

Fica evidente na **Tabela 1** o interesse pelo desenvolvimento de sistemas ou métodos utilizados na modelagem de imagens a partir de dados, bem como métodos e técnicas de fabricação. Chama a atenção a classe G06Q, por abordar métodos preditivos e gerenciais para tomada de decisão.

Além das subclasses, o diagrama permite visualizar a projeção da *Autodesk* em diferentes setores e a existência de empresas mais segmentadas como *Holo* e *Airbus*. Em busca realizada no *Google* e nos sites de cada uma das empresas, foi possível encontrar notícias recentemente publicadas sobre parcerias de cooperação, sendo a *Autodesk* investidora na *Holo*, colaboradora com a *Siemens* na plataforma *Autodesk PDM* e colaboradora no desenvolvimento de um projeto que gerou mais de 10.000 designs para peças de aeronave da *Airbus*.

Além das parcerias da *Autodesk*, a chegada da *Omnetric Group*, joint venture entre *Accenture* e *Siemens*, ao Brasil em 2015, permitiu ao setor elétrico, soluções de maior eficiência e confiabilidade nas redes, dado noticiado no portal da ABES – Associação Brasileira das empresas de *Software*.

A presença de grandes empresas no Design Generativo, como demonstrado nos resultados, pode consolidar a premissa de que os setores de ciência e tecnologia estejam amplamente integrados e em ampla colaboração. Para finalmente confirmá-la, investigou-se os setores da sociedade das organizações consolidadas vinculadas aos artigos, bem como a relação com a lista de depositantes de patentes.

Como pode ser identificado no **Gráfico 15**, os principais setores com enfoque na produção científica são universidades, como esperado, seguidos de empresas. Percebeu-se que, dentre as empresas, a *Autodesk*, novamente, possui mais registros também em artigos científicos nas duas bases, apresentando 16 registros, o que indica um relevante esforço e investimento da empresa também nas fases iniciais de descobertas. Apesar de não terem sido encontrados artigos vinculados diretamente à *Siemens, Accenture, Holo* e *Airbus*, empresas notórias como *IBM, Microsoft, Boeing, Google* e *Toyota* apresentaram artigos em pelo menos uma das bases científicas. Deste modo, fica clara a existência de pontes importantes e de um interesse mercadológico, que representado por grandes empresas, já percebeu os benefícios do investimento em ciência e inovação.

Tabela 1 Subclasses IPC de maior convergência entre as cinco empresas com maior volume de registros de patentes. Fonte: *WIPO Patentscope* – traduzido e adaptado pelo autor

IPC	Tema abordado	Resumo
G06F	Informática, cálculo e contagem	Processamento ou geração de dados de imagem, simulações de funcionamentos de aparelhos ou sistemas/simuladores que utilizam matemática para computar condições existentes ou antecipadas em um dispositivo ou sistema.
G06T	Processamento ou geração de imagens a partir de dados	Análise de atributos geométricos de uma imagem de um objeto. Também relacionada à modelagem geométrica seja ela digital ou para fabricação.
B29C	Trabalho com substâncias em estado plástico	Modelagem ou junção de plásticos ou materiais em estado plástico
G06N	Sistemas computacionais baseados em modelos computacionais específicos	Simuladores estruturados em modelos matemáticos que computam condições existentes ou previstas dentro de um dispositivo ou sistema. Engloba também simuladores que demonstram, por meio de informática, o funcionamento de um aparelho ou sistema e processamento ou geração de imagens a partir de dados;
B32B	Produtos desenvolvidos em camadas, de modo geral	Processos de desenvolvimento e fabricação de produtos a partir de técnicas de fabricação em camadas, não limitados a um tipo específico de material.
B33Y	Fabricação Aditiva (Additive Manufacturing) e modelos de desenvolvimento tridimensionais como impressão 3D	Modelos que envolvem a fabricação tridimensional a partir de um conjunto de camadas aplicadas em sequência, como é o caso da impressão 3D, sem restrição aos materiais utilizados.
G06Q	Inovações ou tecnologias utilizadas no processamento de dados para modelos administrativos e gerenciais para propósitos preditivos	Sistemas ou métodos que envolvem processamentos significativos de dados para a tomada de decisão gerencial com fins administrativos, comerciais, financeiros, de previsões ou para supervisão de processos e cenários.

(Fonte: Elaborado pelos autores, 2021)

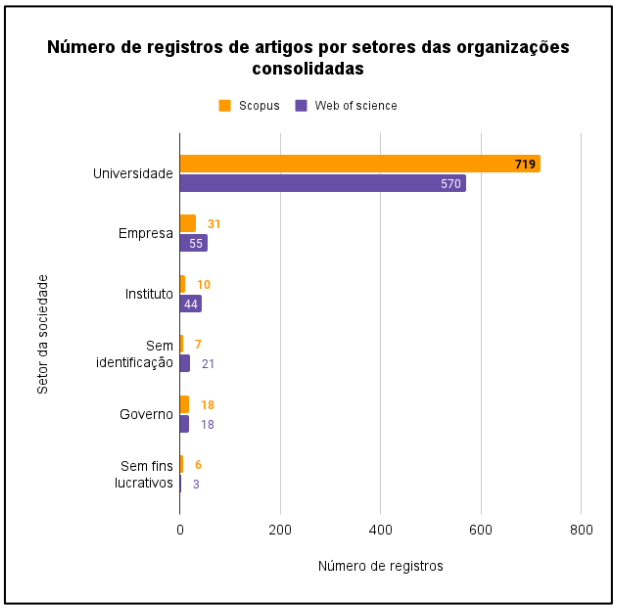


Gráfico 15 Número de registros por setores das organizações consolidadas. Fonte: (do autor).

Quando analisado os setores da sociedade com maior volume de patentes (**Gráfico 16**), novamente fica evidente o esforço das empresas, sendo 40 delas responsáveis por 170 patentes. As universidades, primeiras em produção científica, possuem apenas 12 depositantes e 21 documentos, o que traz à tona a oportunidade para o surgimento de novos programas de incentivo à proteção da propriedade intelectual no âmbito das universidades.

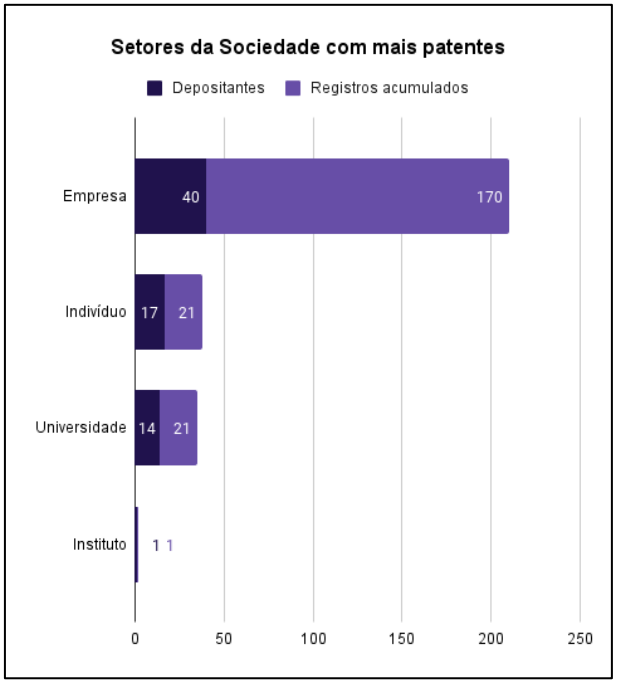


Gráfico 16 Setores da sociedade com documentos de patentes. Fonte: (do autor).

Foi possível identificar na presente pesquisa um crescimento significativo no Design Generativo a partir dos anos 2000, sendo a década de 2010 o início de um aumento significativo percebido até os dias de hoje. A partir de meados de 2015, o aumento no número de patentes gerou indícios de uma convergência entre a produção científica e tecnológica, que aliada a um contexto de aumento da eficiência computacional, alta disponibilidade de dados e menor custo de investimento na nuvem, intensificou as expectativas de crescimento do tema.

Apesar de projeções de mercado promissoras, o Design Generativo vive hoje um contexto de concentração de forças, como é o caso dos Estados Unidos, país com vantagem considerável quando analisada a produção científica e tecnológica no campo. O estudo também revelou a oportunidade para que mais países se mobilizem para a criação de políticas de incentivo aos ambientes de Ciência, Tecnologia e Inovação em direção a uma produção mais equilibrada entre o desenvolvimento tecnológico e a produção científica.

A concentração de forças pode ser percebida também no sentido de que somente uma empresa, a americana *Autodesk*, detém 67 patentes, 32,2% do total da amostra. O dado fica ainda mais claro quando identificamos que os cinco maiores depositantes de patentes detêm 52,8% do total analisado, o que gerou um alerta importante. Como forma de favorecer o cenário competitivo, investigou-se todas as subclasses IPC de cada uma das cinco empresas, revelando seus esforços em investimentos e a existência de parcerias de colaboração estratégica.

Por fim, é possível afirmar que há um interesse significativo de grandes empresas nas fases iniciais de pesquisa, fator que, aliado às projeções de crescimento de mercado, pode servir de incentivo para novos investimentos em ciência. Há também a oportunidade de que as universidades, protagonistas da produção científica no tema, articulem-se na criação de ações que favoreçam o contexto de propriedade intelectual em seus polos de atuação, o que pode servir como fator favorável a um ambiente mais competitivo no Design Generativo fortalecido a partir de Sistemas Nacionais de Inovação Regionais e Locais especializadas (SNIs).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa tomou como base o crescimento significativo do Design Generativo a partir dos anos 2000 e a partir de meados de 2015, demonstrou aumento exponencial no número de patentes demonstrando uma relação direta entre a produção científica e tecnológica. Tais fatores estão aliados a um contexto de aumento da eficiência computacional, alta disponibilidade de dados e menor custo de investimento na nuvem.

Balanceado por um jogo de forças, o Design Generativo apresenta amplo aquecimento na produção científica, fruto de uma maturidade de pelo menos 40 anos desde os primeiros registros. Por outro lado, a recente escalada no interesse de instituições relacionadas ao desenvolvimento tecnológico, tem gerado crescimento no número de patentes a partir de meados de 2015. Pela sua natureza técnica, a ponte entre essas duas forças encontra caminhos abertos para que o tema cresça cada vez mais nos próximos anos.

Como planejamento futuro de pesquisa, pretende-se continuar as análises a partir da investigação dos criadores das patentes em relação aos autores dos artigos como forma de identificar as relações no campo, e a perspectiva proposta, com vistas à identificação de dinâmicas de interação entre universidades e empresas. Logo em seguida, a pesquisa abordará a trajetória de prevista por um roadmap tecnológico do Design Generativo, técnica disponível também nos estudos prospectivos, fator que permitirá analisar os segmentos de reserva de mercado dos atores do campo, em um mapa visual. Finalizada essa etapa, será utilizado o referencial presente no Design da Informação como fonte de embasamento para o desenvolvimento de uma interface *web* que apresente as

informações da pesquisa de forma interativa a facilitar o acesso à comunidade do Design.

REFERÊNCIAS

1. ANTUNES, Adelaide Maria de Souza et al. Métodos de Prospecção tecnológica, inteligência competitiva e Foresight: principais conceitos e técnicas. Série Prospecção Tecnológica, Salvador, Bahia, v. 1, 2018.
2. BARBIERI, José Carlos. Produção e Transferência de Tecnologia, São Paulo, 1990.
3. CAETANO, Inês; SANTOS, Luís; LEITÃO, António. Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design. Frontiers of Architectural Research, v. 9, 2020.
4. CANONGIA, Cláudia; PEREIRA, Maria de Nazaré F; ANTUNES, Adelaide. Modelo de estratégia de prospecção de setores intensivos em P&D sinergias entre Inteligência Competitiva (IC), Gestão do Conhecimento (GC) e Foresight (F). DataGramaZero, 2006.
5. DR. PEERING INTERNATIONAL. Internet Transit Prices - Historical and Projected. DR. Peering International, Agosto 2010. Disponível em: https://drpeering.net/white-papers/Internet-Transit-Pricing-Historical-And-Projected.php.
6. FISCHER, Thomas; HERR, CM. Teaching generative design. International Conference on Generative Art, 2001.
7. KURZWEIL, Ray. The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology. New York: Viking, 2005.
8. MARIANO, Ari Melo; SANTOS, Maíra Rocha. Revisão da Literatura: Apresentação de uma Abordagem Integradora. XXVI Congreso Internacional de la Academia Europea de Dirección y Economía de la Empresa (AEDEM), n. 26, Setembro 2017.
9. MARKET DATA FORECAST. Generative Design Market. Market Data Forecast, Abril 2021. Disponível em: https://www.marketdataforecast.com/market-reports/generative-design-market.
10. MARKETS AND MARKETS. 3D Printing Market with COVID-19 Impact Analysis - Global Forecast to 2026. Markets and Markets, Julho 2021. Disponível em: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/3d-printing-market-1276.html.
11. MEIRELLES, Isabel. Design for Information: An introduction to the histories, theories, and best practices behind effective information visualizations., 2013.
12. MOURA, Ana Maria Mielniczuk De. A interação entre artigos e patentes : um estudo cientométrico da comunicação científica e tecnológica em biotecnologia, Porto Alegre, 2009.
13. PORTER, Michael. Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
14. RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. Artificial Intelligence: A Modern Approach. [S.l.]: Prentice Hall, 2010.
15. STOKES, Donald E. Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation. Washington, D.C.: Brookings Institution Press, 1997.
16. TECHNOLOGY POLICY INSTITUTE. CLOUD COMPUTING: CO-INVENTION FOR THE MASSES. Technology Policy Institute, 19 Julho 2018. Disponível em: https://techpolicyinstitute.org/publications/miscellaneous/cloud-computing-co-invention-for-the-masses/.
17. TOP500 SUPERCOMPUTER DATABASE. Supercomputer Power (FLOPS), 1993 to 2020. Our World in Data. Disponível em: https://ourworldindata.org/grapher/supercomputer-power-flops.
18. U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS. Producer Price Index by Industry: Semiconductor and Other Electronic Component Manufacturing [PCU33443344]. FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis, 11 Outubro 2021. Disponível em: https://fred.stlouisfed.org/series/PCU33443344.
19. VERIFIED MARKET RESEARCH. Global Generative Design Market Size By Type, By Components, By Application, By Geographic Scope And Forecast. Verified Market Research, Setembro 2020. Disponível em: https://www.verifiedmarketresearch.com/product/generative-design-market/.

APÊNDICE 1

Bases de dados como *Web of Science (WOS)* e *Scopus* selecionam cuidadosamente e indexam a literatura acadêmica em um conjunto vasto de disciplinas. A primeira, com um repertório de meio século de indexação de citações, hoje é um dos principais portais para pesquisa e descoberta de literatura científica. Já a plataforma *Scopus*, hoje o maior banco de dados de resumos e citações da literatura com revisão por pares, conta com mais de 24.600 títulos ativos e uma comunidade de mais de 5.000 editores.

Partiu-se da busca do termo "*Generative Design*", de língua inglesa, em ambas as bases, pela constatação de que há mais publicações associadas à terminologia em inglês por autores de diferentes nacionalidades. Vale ressaltar que, para que não haja ruídos de indexação de conteúdos relacionados ao termo "*Design*" ou somente ao termo "*Generative*", optou-se por realizar a pesquisa entre aspas, que unifica as buscas das duas palavras usadas em conjunto. A busca na base *WOS* retornou 616 resultados e na *Scopus* 915, que tiveram as características demonstradas na **Tabela 2**.

Diante dos resultados encontrados, interessa ao estudo compreender que categorias possuem mais registros no tema, dados disponíveis na **Tabela 3**, que revela três áreas de maior volume de registros por base de dados. Identificou-se um padrão relacionado à ciência da computação e às disciplinas relacionadas à construção de edificações, como a Engenharia e a Arquitetura, o que pode justificar a presença da Matemática e a categoria "Tecnologias de construções de edificações" como campo de convergência entre as demais.

Tabela 2 Resultado da busca inicial do termo "*Generative Design*" - *Web of Science (Clarivate Analytics)* e *Scopus (Elsevier)* - Elaborado e traduzido pelo autor em 09/08/2021

Base	Resultado da busca
Resultado da busca *WOS*	616 resultados encontrados de "Principal Coleção de *Web of Science*" Você pesquisou por: TÓPICO: ("*Generative Design*") Tempo estipulado: Todos os anos. Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI.
Resultado da busca *Scopus*	915 documentos encontrados na busca pelo termo "*Generative Design*" pesquisados em Título do artigo, resumo e palavras-chave;
Total	1.531 registros identificados

(Fonte: Elaborado pelos autores, 2021)

Tabela 3 Três categorias com mais registros vinculados ao termo *"Generative Design" - Web of Science (Clarivate Analytics)* e *Scopus (Elsevier)* - Elaborado e traduzido pelo autor em 09/08/2021

Base	Categorias	Registros
Resultado da busca WOS	Arquitetura (*Architecture)*	195
	Ciência da Computação - Aplicações Interdisciplinares (*Computer Science Interdisciplinary Applications*)	149
	Tecnologias de construções de edificações (*Construction Building Technology*)	68
Resultado da busca Scopus	Ciência da Computação *(Computer Science)*	540
	Engenharia *(Engineering)*	527
	Matemática *(Mathematics)*	147

(Fonte: Elaborado pelos autores, 2021)

Por tratar-se de uma pesquisa relacionada ao Design, nos interessa a filtragem de algumas categorias que tenham mais relação com o campo em questão. Tal escolha tem como objetivo a construção de um recorte mais delimitado que tornará a pesquisa mais significativa, eliminando possíveis ruídos de análise. Tomou-se o escopo de 16 categorias dentro da listagem pré-definida na plataforma *WOS* e 10 categorias na plataforma *Scopus*. O novo resultado filtrado retornou 431 resultados na *WOS* e 879 resultados na *Scopus* gerando uma amostra final de 1.310 registros. As categorias podem ser consultadas nas **Tabelas 4 e 5**, disponibilizadas a seguir.

Tabela 4 Resultado da busca filtrada inicial do termo "*Generative Design*" a partir de 16 categorias - *Web of Science* e 10 categorias na *Scopus* - Elaborado e traduzido pelo autor em 09/08/2021

Resultados da busca WOS
431 resultados encontrados de "Principal Coleção de *Web of Science*" Você pesquisou por: TÓPICO: ("*Generative Design*") Refinado por: CATEGORIAS DO *WEB OF SCIENCE*:
Todos os conteúdos categorizados como "ou"
Arquitetura;
Matemática - Aplicações interdisciplinares;
Ciência da Computação - Aplicações interdisciplinares;
Tecnologias de Construção;
Métodos e Teorias da Ciência da Computação;
Ciência da Computação - Inteligência Artificial;
Tecnologia fotográfica e ciência da imagem;
Ciência da Computação - Sistemas de informação;
Ética;
Ciências Sociais Interdisciplinares;
Negócios;
Arte;
Ciência da Computação - Arquitetura de Hardware;
Pesquisa em Educação;
Administração;
Sistemas de automação e controle.
Tempo estipulado: Todos os anos. Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI.

(Fonte: Elaborado pelos autores, 2021)

No recorte em questão, optou-se por não realizar a remoção de um mesmo artigo presente nas duas bases, uma vez que tal ocorrência foi compreendida como uma vantagem na análise, pelo potencial que a publicação nas duas bases pode gerar no aumento da visibilidade daquele tema abordado e do seu autor.

Tabela 5 Resultado da busca filtrada inicial do termo "*Generative Design*" a partir de 10 categorias na *Scopus* - Elaborado e traduzido pelo autor em 09/08/2021

Resultados da busca Scopus
879 documentos encontrados nas categorias:
Artes e Humanidades;
Negócios, Gestão e Contabilidade;
Ciência da Computação;
Ciências da Decisão;
Economia, econometria e finanças;
Engenharia;
Ciência de materiais;
Matemática;
Multidisciplinar;
Ciências Sociais.

(Fonte: Elaborado pelos autores, 2021)

Para a análise de documentos de patentes, optou-se pela *WIPO (World Intellectual Property Organization) Patentscope*, agência especializada gerida pela ONU que conta com 186 estados-membros e é responsável por administrar 25 tratados internacionais. Hoje a base conta com 98 milhões de documentos de patentes em todo o mundo.

De modo similar ao realizado nas bases de artigos, optou-se pela busca *"Generative Design"* também entre aspas com consulta realizada para "*any field*", ou seja, a busca identificaria o termo em conjunto em todos os campos possíveis dos documentos patentários, dado disponível na **Tabela 6**.

Tabela 6 Resultado da busca inicial do termo "*Generative Design*" – *WIPO Patentscope* - Elaborado e traduzido pelo autor em 30/09/2021

Base	Resultado da busca
Resultado da busca na base WIPO Patentscope	296 resultados encontrados na consulta realizada para "any field" sob o termo "*Generative Design*". *Offices: ALL* (todos) *Languages*: EN (inglês)

(Fonte: Elaborado pelos autores, 2021)

Como pode ser verificado, selecionou-se todos os escritórios da base, com registros em língua inglesa, gerando 296 resultados que apresentaram duplicatas. Nesse caso, optou-se pela remoção das duplicatas a partir de títulos idênticos, o que eliminou 90 registros da amostra original, resultando em 206 patentes.

Para investigar a existência de documentos em língua espanhola ou em português, realizou-se a mesma busca para cada uma das línguas, porém sob o termo "Design Generativo", "Sistemas Generativos" ou "*Diseño Generativo*". Na língua portuguesa os dois registros encontrados foram também identificados no Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI, responsável pelas patentes no Brasil e foram incluídos no total identificado, gerando 208 patentes na amostra final de análise. Já a busca em língua espanhola não gerou resultados.

Por fim, os registros com países identificados como WO, Código relacionado aos pedidos de patentes realizados sob o Tratado de Cooperação sobre Patentes (PCT) – vinculados à Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI/WIPO), foram analisados individualmente, e tiveram os dados de países agrupados aos dados das patentes, pelo entendimento de que ainda que sejam solicitações de registro e não patentes oficializadas, existe o interesse dos depositantes registro em questão. Já os resultados com país de origem EP, vinculados à Organização Europeia de Patentes (OPE/EPO), também foram investigados individualmente, para que tivéssemos os dados exatos de cada país depositante.