

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE TELECOMUNICAÇÕES
CAMPUS PATOS DE MINAS

VICTOR SANTOS UEHARA

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO EMPREGO DE
METODOLOGIAS ÁGEIS NA ENGENHARIA ELETRÔNICA:
O CASO DO DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARES***

Patos de Minas - MG

2026

VICTOR SANTOS UEHARA

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO EMPREGO DE
METODOLOGIAS ÁGEIS NA ENGENHARIA ELETRÔNICA:
O CASO DO DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARES***

Monografia apresentada à banca examinadora da Universidade Federal de Uberlândia como requisito de avaliação do componente de Projeto Final de Curso II do curso de graduação em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações da Faculdade de Engenharia Elétrica – Campus Patos de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Júlio César Coelho

Patos de Minas - MG

2026

VICTOR SANTOS UEHARA

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO EMPREGO DE METODOLOGIAS
ÁGEIS NA ENGENHARIA ELETRÔNICA: O CASO DO
DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARES***

Monografia apresentada à banca examinadora da
Universidade Federal de Uberlândia como requisito de
avaliação do componente de Projeto Final de Curso II do
curso de graduação em Engenharia Eletrônica e de
Telecomunicações da Faculdade de Engenharia Elétrica
– Campus Patos de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Júlio César Coelho

Patos de Minas, 08 de maio de 2026

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Júlio César Coelho – FEELT/UFU (Orientador)

Profa. Dra. Elise Saraiva – FEELT/UFU (Banca Examinadora)

Prof. Dr. Diego de Brito Piau – FEELT/UFU (Banca Examinadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, que foi meu porto seguro e a base para que tudo fosse possível. Obrigado por terem me incentivado a finalizar este ciclo e nunca me permitirem desistir. A conclusão deste se deve muito aos esforços e valores que recebi de vocês.

Aos meus amigos, que fizeram dessa caminhada mais leve e que também sempre me incentivaram a não desistir. Agradeço pela parceria e momentos de descontração, que deixaram tudo mais tranquilo, mesmo nos momentos de maior pressão.

Ao meu orientador Prof. Dr. Júlio César Coelho pela parceria, pela orientação e pela ajuda nestes meses.

À toda comunidade da Universidade Federal Uberlândia – Campus de Patos de Minas, por todo o conhecimento compartilhado.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise bibliométrica do emprego de metodologias ágeis na Engenharia Eletrônica, com foco no desenvolvimento de *softwares*, e investiga a influência da inteligência artificial (IA) nesse contexto. O estudo foi conduzido com base em 173 artigos científicos publicados entre 2000 e 2025, extraídos da Web of Science, e analisados por meio de ferramentas como VOSviewer e Bibliometrix. Os resultados revelam que o *Scrum* é o *framework* ágil mais utilizado, destacando-se pela sua flexibilidade em projetos complexos, como sistemas embarcados. A integração da IA mostrou-se promissora, com ferramentas como Jira e GitHub Copilot otimizando processos como automação de testes e geração de código. No entanto, desafios éticos e técnicos, como viés algorítmico e a possível erosão da colaboração humana, exigem atenção. A adoção de metodologias ágeis na Engenharia Eletrônica ainda é incipiente em comparação com o desenvolvimento de software puro, devido a barreiras como a integração entre *hardware* e *software* e requisitos rígidos de conformidade. A análise identificou lacunas na literatura, como a escassez de estudos sobre ágil em *hardware* e ambientes altamente regulamentados, além de oportunidades para pesquisas futuras, como a combinação de ágil com DevOps e IoT. Este trabalho contribui para o campo ao mapear a produção científica sobre o tema, destacando tendências emergentes e propondo direções para investigações posteriores. As limitações incluem a restrição a bases de dados específicas e a natureza quantitativa da análise, sugerindo a necessidade de estudos qualitativos complementares.

Palavras-chave: Metodologias ágeis. Engenharia Eletrônica. Desenvolvimento de software. Inteligência Artificial. Análise bibliométrica.

ABSTRACT

This paper presents a bibliometric analysis of the use of agile methodologies in Electronic Engineering, focusing on software development, and investigates the influence of artificial intelligence (AI) in this context. The study was conducted based on 173 scientific articles published between 2000 and 2025, extracted from the Web of Science, and analyzed using tools such as VOSviewer and Bibliometrix. The results reveal that *Scrum* is the most widely used agile framework, standing out for its flexibility in complex projects, such as embedded systems. The integration of AI has shown promise, with tools such as Jira and GitHub Copilot optimizing processes such as test automation and code generation. However, ethical and technical challenges, such as algorithmic bias and the potential erosion of human collaboration, require attention. The adoption of agile methodologies in Electronic Engineering is still in its infancy compared to pure software development, due to barriers such as hardware-software integration and strict compliance requirements. The analysis identified gaps in literature, such as the scarcity of studies on agile in hardware and highly regulated environments, as well as opportunities for future research, such as the combination of agile with DevOps and IoT. This work contributes to the field by mapping the scientific literature on the topic, highlighting emerging trends, and proposing directions for further research. Limitations include the restriction to specific databases and the quantitative nature of the analysis, suggesting the need for complementary qualitative studies.

Keywords: Agile methodologies. Electronic Engineering. Software development. Artificial Intelligence. Bibliometric analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação gráfica do volume quantitativo da produção científica de 2000 - 2025 sobre o emprego de metodologias ágeis na engenharia eletrônica	25
Figura 2 - Análise da Distribuição Geográfica da Produção Científica sobre Metodologias Ágeis na Engenharia Eletrônica	28
Figura 3 - Representação da lei de Bradford aplicada aos periódicos que publicaram os artigos analisados neste estudo	30
Figura 4 - Mapa de co-ocorrência de termos ou rede bibliométrica em metodologias ágeis aplicadas à engenharia eletrônica e desenvolvimento de <i>softwares</i>	32
Figura 5 Representação gráfica com o quantitativo total dos principais autores do tema estudado	33
Figura 6 - Evolução temporal da contribuição científica dos principais autores do tema estudado	34
Figura 7 - Análise da Produtividade segundo a Lei de Lotka	35
Figura 8 - Padrões globais da produção científica e afiliações institucionais dos autores mais influentes do tema.....	37
Figura 9 - Mapa mundial representando a colaboração entre países.....	38
Figura 10 - Mapa de co-citações com representação em rede	40
Figura 11 - Mapa de colaborações em rede representando as colaborações entre os autores dos artigos analisados neste estudo	42
Figura 12 - Mais frequentes palavras-chaves utilizadas nos artigos analisados neste estudo ..	44
Figura 13 - Análise integrada dos temas agrupados e a evolução temporal das palavras-chave	46

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	7
1.1 Contexto Histórico e Relevância das Metodologias Ágeis	7
1.2 Tema do Projeto	8
1.3 Problematização	8
1.4 Hipóteses	9
1.5 Objetivos	9
1.5.1 Objetivo Geral	9
1.5.2 Objetivos Específicos	9
1.6 Justificativas	10
1.7 Considerações Finais do Capítulo	10
 CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO	 12
2.1 Metodologias Ágeis: Conceitos e Fundamentos	13
2.2 Críticas ao Modelo Tradicional <i>Waterfall</i> e Propostas Resolutivas	14
2.3 Engenharia Eletrônica e Desenvolvimento de <i>Softwares</i>	15
2.4 Inteligência Artificial e Metodologias Ágeis: Desafios Éticos e Técnicos	17
2.5 Bibliometria e Cienciometria: Fundamentos e Aplicações	18
 CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	 20
3.1 Base de Dados e Ferramentas	20
3.2 Estratégia de Busca	20
3.3 Coleta de Dados	20
3.4 Análise Bibliométrica	21
3.4.1 Análise Descritiva	21
3.4.2 Análise de Redes	21
3.4.3 Análise de Impacto	21
3.4.4 Visualização e Interpretação dos Resultados	21
3.4.5 Interpretação dos Resultados	21
 CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	 22
4.1 Análise Descritiva	22
4.2 Análise do Mapa de Co-Ocorrência de Termos	28
4.3 Análise dos Autores, Coautorias e Redes de Colaboração	30
4.4 Análise Temática com Base nas Palavras-Chave	40
4.5 Tendências na Aplicação de Metodologias Ágeis na Engenharia Eletrônica	44
4.6 Influência da Inteligência Artificial nas Metodologias Ágeis	44
4.7 Lacunas na Literatura	45
4.8 Comparação com Outros Estudos Bibliométricos	45
 CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	 46
5.1 Respostas às Perguntas da Problematização	46
5.2 Contribuições do Trabalho	46

5.3 Limitações do Estudo	47
5.4 Recomendações para Pesquisas Futuras	48
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICES	55

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução

A gestão de projetos, ao longo das últimas décadas, passou por transformações significativas, impulsionadas pela necessidade de adaptação a um mundo cada vez mais dinâmico e complexo. No final do século XX, os modelos tradicionais de gestão, como o *Waterfall* (Cascata), predominavam em setores como o desenvolvimento de *software*. Esses métodos eram caracterizados por uma abordagem linear e sequencial, onde cada fase do projeto, concepção, design, implementação, testes e entrega, era rigidamente planejada e executada. No entanto, essa rigidez frequentemente resultava em atrasos, custos elevados e produtos que, ao serem finalizados, já não atendiam plenamente às necessidades dos clientes, devido às rápidas mudanças no mercado e nas tecnologias (Senarath, 2021).

Foi nesse contexto que as metodologias ágeis emergiram como uma resposta eficaz aos desafios impostos pelos modelos tradicionais. Em 2001, a publicação do Manifesto Ágil por 17 especialistas em desenvolvimento de *software* marcou um ponto de virada, introduzindo valores como priorização de indivíduos e interações sobre processos e ferramentas, e *software* funcional sobre documentação extensiva (Beck *et al.*, 2001).

Esses valores foram complementados por 12 princípios que enfatizavam a entrega contínua de valor, a adaptação a mudanças e a colaboração estreita entre equipes e clientes. Desde então, as metodologias ágeis não apenas revolucionaram o desenvolvimento de *software*, mas também se expandiram para outras áreas, como marketing, saúde, educação e até mesmo gestão de negócios (Beck *et al.*, 2001).

Enquanto as metodologias ágeis continuam a evoluir, a ascensão de tecnologias como a inteligência artificial (IA) tem redefinido o cenário, introduzindo novas possibilidades e desafios. A adoção de práticas ágeis permitiu que organizações enfrentassem melhor a incerteza e a volatilidade do mercado, promovendo uma cultura de melhoria contínua, transparência e foco no cliente. No entanto, a evolução tecnológica não parou no manifesto. Nos últimos anos, a ascensão da inteligência artificial (IA) tem redefinido o cenário das metodologias ágeis, introduzindo novas possibilidades e desafios (Verret, 2018).

A IA, com sua capacidade de processar grandes volumes de dados, identificar padrões e automatizar tarefas complexas, está se tornando uma aliada poderosa para equipes ágeis. Ferramentas como *chatbots*, sistemas de análise preditiva e algoritmos de *machine learning* estão sendo integrados aos *frameworks* ágeis para otimizar processos, melhorar a tomada de decisão e aumentar a eficiência. Por exemplo, plataformas como Jira e Trello já incorporam

funcionalidades de IA para priorizar tarefas, prever prazos e identificar gargalos em tempo real. Além disso, sistemas de IA generativa, como o GitHub Copilot, estão transformando a maneira como os desenvolvedores escrevem código, sugerindo soluções em tempo real e acelerando o ciclo de desenvolvimento (Ay, 2024).

No entanto, a integração entre IA e metodologias ágeis não está isenta de desafios. Questões como viés algorítmico, privacidade de dados e a possível erosão da colaboração humana precisam ser cuidadosamente consideradas. A automação excessiva pode, paradoxalmente, minar os valores fundamentais do Manifesto Ágil, como a ênfase nas interações humanas e na adaptabilidade.

1.2 Tema do projeto

Este trabalho tem como tema a análise das metodologias ágeis, com foco nos principais *frameworks* atuais e na influência da inteligência artificial nessa área, utilizando uma abordagem cienciométrica e ferramentas bibliométricas, no contexto da engenharia eletrônica, focando no desenvolvimento de *softwares*. Ao longo do texto, serão discutidos os benefícios e os desafios trazidos pelo emprego das metodologias ágeis no desenvolvimento de *softwares*, bem como as implicações éticas e práticas de sua adoção em ambientes ágeis e o impacto das IAs neste cenário.

1.3 Problematização

A pergunta central a qual este projeto pretende responder será como o campo científico de estudos relacionados a utilização das metodologias ágeis na engenharia eletrônica tem se comportado nos últimos vinte e cinco anos. E o que a literatura científica diz sobre a aplicação e a evolução das metodologias ágeis no desenvolvimento de *softwares* na engenharia eletrônica.

Além disso, este projeto objetiva responder às seguintes perguntas secundárias: Quais são os *frameworks* ágeis mais utilizados atualmente na engenharia eletrônica, e como eles têm sido adaptados para atender às demandas específicas dessa área? De que forma a IA está transformando as práticas ágeis, seja por meio de automação, análise de dados ou tomada de decisão, e quais são os impactos dessa integração na eficiência e na qualidade dos projetos? Quais são os principais benefícios e desafios da adoção de metodologias ágeis no desenvolvimento de *softwares* para sistemas eletrônicos, especialmente em relação à complexidade técnica e à gestão de equipes? Quais são as implicações éticas e práticas da utilização de IA em ambientes ágeis, considerando aspectos como privacidade de dados, viés algorítmico e a substituição de funções humanas? Quais são as tendências e lacunas na literatura

científica sobre a aplicação de metodologias ágeis e IA no contexto da engenharia eletrônica, e como a análise cienciométrica pode contribuir para o entendimento desse cenário?

1.4 Hipóteses

Com este trabalho, espera-se investigar a evolução do emprego das metodologias ágeis na engenharia eletrônica, com foco no desenvolvimento de *softwares*, analisando os impactos dessa implementação em aspectos como produtividade, qualidade e adaptabilidade. Espera-se também compreender melhor como as diferentes metodologias são aplicadas através da produção científica da área.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivos Gerais

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma análise bibliométrica da produção científica relacionada ao emprego de metodologias ágeis na área de Engenharia Eletrônica, com foco no desenvolvimento de *softwares*, utilizando a base de dados *Web of Science* e ferramentas de análise como VosViewer e Bibliometrix. A análise visa mapear as tendências, identificar os principais autores, instituições, redes de colaboração e temas emergentes, contribuindo para uma compreensão abrangente do estado da arte nesse campo.

1.5.2 Objetivos Específicos

a) Mapeamento da Produção Científica

Mapear o volume e a distribuição geográfica das publicações sobre metodologias ágeis na Engenharia Eletrônica (2000-2025), identificando países e instituições mais produtivos.

b) Identificação de Autores e Redes de Colaboração

Identificar os autores mais produtivos e influentes na área. Mapear as redes de co-autoria entre autores e instituições para entender as colaborações científicas.

c) Análise de Citações e Impacto:

Identificar os artigos mais citados e sua influência no campo e calcular métricas de impacto, como o índice h, para autores e instituições.

d) Análise de Temas e Tendências:

Identificar os principais temas de pesquisa através da análise de co-ocorrência de termos. Analisar as tendências temporais nas publicações e citações para identificar temas emergentes e áreas de interesse crescente.

e) Visualização e Interpretação dos Dados:

Utilizar ferramentas de visualização (VosViewer) para criar mapas de redes de co-autoria, co-citação e co-ocorrência de termos. Interpretar os resultados à luz do estado da arte, identificando lacunas e oportunidades de pesquisa.

f) Contribuição para a Área:

Fornecer uma visão abrangente e atualizada do emprego de metodologias ágeis na Engenharia Eletrônica com foco no desenvolvimento de *softwares*. Sugerir direções futuras de pesquisa baseadas nas lacunas identificadas.

1.6 Justificativas

A combinação de metodologias ágeis, Engenharia Eletrônica e IA é um campo emergente, mas ainda pouco explorado na literatura. A adoção de IA em ambientes ágeis pode trazer ganhos significativos de produtividade, mas também levanta questões éticas e técnicas que precisam ser discutidas. Por fim, a abordagem cienciométrica permite mapear o estado da arte, identificar tendências e propor direções futuras para pesquisas na área.

Este estudo é relevante não apenas para acadêmicos, mas também para profissionais da área, oferecendo insights sobre como metodologias ágeis e IA podem ser integradas de forma eficaz em projetos de Engenharia Eletrônica, especialmente no desenvolvimento de *softwares* para sistemas complexos.

1.7 Considerações finais do capítulo

Este capítulo introduziu o contexto histórico e a relevância das metodologias ágeis, destacando sua evolução desde os modelos tradicionais de gestão de projetos até a sua adoção generalizada em diversas áreas, incluindo a Engenharia Eletrônica. A emergência do Manifesto Ágil em 2001 marcou um ponto de virada, estabelecendo valores e princípios que priorizam a adaptabilidade, a colaboração e a entrega contínua de valor. No entanto, o cenário atual é ainda mais dinâmico, com a integração de tecnologias como a inteligência artificial (IA) redefinindo as práticas ágeis e introduzindo novas oportunidades e desafios.

A problematização deste trabalho buscou delinear as principais questões que orientarão a pesquisa, desde o mapeamento da produção científica sobre metodologias ágeis na Engenharia Eletrônica até a análise do impacto da IA nesse contexto. As hipóteses levantadas sugerem que a adoção de metodologias ágeis tem transformado significativamente o desenvolvimento de *softwares* nessa área, com impactos positivos na produtividade, qualidade e adaptabilidade, mas também com desafios relacionados à complexidade técnica e à gestão de equipes.

Os objetivos gerais e específicos foram definidos para guiar uma análise bibliométrica abrangente, utilizando ferramentas como VosViewer e Bibliometrix para mapear tendências, identificar autores e instituições influentes, e analisar redes de colaboração e temas emergentes. A justificativa reforçou a relevância do estudo, destacando a necessidade de compreender como metodologias ágeis e IA podem ser integradas de forma eficaz em projetos de Engenharia Eletrônica, especialmente no desenvolvimento de *softwares* para sistemas complexos.

Em síntese, este capítulo estabeleceu as bases para a investigação proposta, contextualizando o tema, definindo o problema de pesquisa e delineando os caminhos metodológicos que serão adotados. Os próximos capítulos aprofundarão a análise bibliométrica, buscando responder às perguntas de pesquisa e contribuir para o avanço do conhecimento nessa área interdisciplinar e em constante evolução.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico deste trabalho tem como objetivo fornecer uma base conceitual sólida para a compreensão do tema central da pesquisa: o emprego de metodologias ágeis na Engenharia Eletrônica, com foco no desenvolvimento de *softwares*, e a influência da inteligência artificial (IA) nesse contexto. Para tanto, este capítulo está organizado em seções que abordam, de forma progressiva, os principais conceitos e teorias relacionados ao tema.

Inicialmente, serão apresentados os fundamentos das metodologias ágeis, desde sua origem e evolução até os principais *frameworks* utilizados atualmente, como *Scrum*, *Kanban*, *Extreme Programming* (XP) e *Lean Software Development*. Essa seção visa contextualizar o surgimento das metodologias ágeis como uma resposta aos desafios dos modelos tradicionais de gestão de projetos, destacando seus valores, princípios e benefícios, bem como os desafios associados à sua implementação.

Em seguida, o referencial teórico abordará as características específicas da Engenharia Eletrônica e do desenvolvimento de *softwares* nessa área. Serão discutidos os desafios técnicos e as demandas particulares dessa área, como a integração entre *hardware* e *software*, a necessidade de alta confiabilidade e os ciclos de desenvolvimento acelerados. Além disso, serão explorados casos de aplicação de metodologias ágeis na Engenharia Eletrônica, destacando adaptações e lições aprendidas.

A terceira seção do referencial teórico dedicar-se-á à inteligência artificial (IA), abordando seus conceitos básicos e sua influência nas metodologias ágeis. Serão discutidas as principais ferramentas e aplicações de IA que estão transformando as práticas ágeis, como automação de tarefas, análise preditiva e sugestão de soluções em tempo real. Também serão abordados os desafios éticos e técnicos associados à integração de IA em ambientes ágeis, como viés algorítmico, privacidade de dados e o equilíbrio entre automação e interação humana.

Por fim, o referencial teórico incluirá uma seção sobre análise bibliométrica e cienciométrica, conceitos fundamentais para a metodologia adotada neste trabalho. Serão apresentadas as ferramentas utilizadas para a análise (VosViewer e Bibliometrix), bem como exemplos de aplicações dessas técnicas em estudos anteriores. Essa seção visa justificar a escolha da abordagem bibliométrica para mapear a produção científica sobre o tema e identificar tendências e lacunas na literatura.

Ao final deste capítulo, espera-se que o leitor tenha uma compreensão clara e abrangente dos conceitos e teorias que fundamentam esta pesquisa, permitindo uma transição fluida para a discussão metodológica e a análise dos resultados.

2.1 Metodologias ágeis: conceitos e fundamentos

O desenvolvimento de metodologias ágeis está enraizado em um contexto histórico que abrange várias décadas, com suas origens remontando à década de 1930. Inicialmente, métodos ágeis e desenvolvimento iterativo e incremental (IID) surgiram da manufatura e do desenvolvimento de sistemas de informação, mas com o tempo, eles foram adaptados e amplamente aplicados em vários setores (Whiteley; Pollack; Matous, 2021).

A abordagem ágil ganhou força significativa em meados da década de 1990, quando o setor de *software* reconheceu a necessidade de responder de forma mais eficaz às mudanças nas necessidades dos clientes e à volatilidade do mercado. Essa mudança marcou uma saída dos processos pesados de documentação para metodologias mais colaborativas, adaptáveis e focadas no cliente (Zaveri *et al.*, 2024).

Os princípios das metodologias ágeis, como desenvolvimento iterativo e interação com o cliente, têm sido fundamentais para melhorar o sucesso do projeto e a satisfação do cliente, enfatizando a comunicação em vez da documentação. A aceitação generalizada de práticas ágeis, particularmente do *Scrum*, foi impulsionada por fatores como o aumento da complexidade do produto e a redução do ciclo de vida do mercado (Trumbach; Walsh; Mahesh, 2022; Zaveri *et al.*, 2024).

Apesar de sua popularidade moderna, grande parte da narrativa histórica em torno do ágil foi ofuscada pela retórica contemporânea liderada pela indústria, que muitas vezes ignora o rico fluxo de pesquisas e práticas que contribuíram para seu desenvolvimento (Whiteley; Pollack; Matous, 2021). O movimento ágil despertou um interesse significativo em organizações corporativas e públicas desde a década de 2010, destacando sua relevância e adaptabilidade em várias culturas profissionais (Ughetto, 2024). Essa evolução histórica ressalta a natureza dinâmica das metodologias ágeis e sua capacidade de transformar as práticas de gerenciamento de projetos em diversos setores.

2.2 Críticas ao modelo tradicional *waterfalls* e propostas resolutivas das metodologias ágeis

O modelo *Waterfall* (Cascata) é uma abordagem tradicional de gerenciamento de projetos e desenvolvimento de *software* que se destaca por sua estrutura linear e sequencial.

Desenvolvido na década de 1970, ele foi um dos primeiros métodos formais de gestão de projetos e ganhou popularidade em setores como engenharia, construção e desenvolvimento de *software*. O nome "Cascata" reflete a natureza do modelo, em que as fases do projeto fluem sequencialmente, de cima para baixo, sem retrocessos, semelhante a uma cascata. Essa abordagem é caracterizada por fases bem definidas e uma execução rígida, onde cada etapa só começa após a conclusão da anterior, sem sobreposição entre elas (Senarath, 2021; Susuruth Narayana Saker, 2023).

As fases típicas do modelo *Waterfall* incluem a coleta e documentação detalhada dos requisitos do cliente, o design do sistema com especificações técnicas e arquitetura, a implementação do *software* ou produto, os testes para verificação e validação, a implantação do produto e, por fim, a manutenção para correção de bugs e atualizações. Cada fase exige uma documentação extensiva, que serve como base para a etapa seguinte. Essa documentação inclui especificações de requisitos, diagramas de design, planos de teste e manuais de usuário, garantindo que todos os aspectos do projeto sejam registrados de forma clara e organizada (Davis; K. Pinto, 2023; Osemeike Gloria Eyieyien *et al.*, 2024).

Uma das principais vantagens do modelo *Waterfall* é a clareza e estrutura que ele oferece. A divisão em fases bem definidas facilita o entendimento do progresso do projeto e a alocação de recursos. Além disso, a documentação completa é útil para manutenção futura e conformidade com regulamentações, especialmente em setores altamente regulamentados, como aeroespacial e saúde. O modelo também é adequado para projetos com requisitos estáveis e pouco propensos a mudanças, onde o planejamento detalhado no início do projeto permite estimativas mais precisas de prazos e custos, o que é vantajoso para projetos com orçamentos e cronogramas rígidos (Senarath, 2021).

No entanto, o modelo *Waterfall* apresenta várias limitações, especialmente em ambientes dinâmicos e de rápida evolução. Sua estrutura rígida e sequencial torna difícil lidar com mudanças nos requisitos ou no escopo do projeto, o que é comum em muitos contextos atuais. Como os testes só ocorrem após a implementação, problemas podem ser identificados tardiamente, resultando em atrasos e custos adicionais. Além disso, o cliente só vê o produto final na fase de implantação, o que pode levar a insatisfação se o produto não atender às expectativas. Em projetos longos ou com alta complexidade, os requisitos iniciais podem se tornar obsoletos antes mesmo da conclusão do projeto, e a ênfase excessiva na documentação pode levar a um processo burocrático e demorado, desviando o foco da entrega de valor ao cliente (Osemeike Gloria Eyieyien *et al.*, 2024; Zhen, 2024).

Apesar de suas limitações, o modelo *Waterfall* ainda tem aplicações em contextos específicos. Ele é particularmente útil em projetos com requisitos bem definidos e estáveis, projetos de curta duração ou com baixa complexidade, e em setores regulamentados, onde a documentação extensiva é obrigatória. No entanto, para a maioria dos projetos atuais, especialmente aqueles que envolvem desenvolvimento de *software* em ambientes dinâmicos, as metodologias ágeis têm se mostrado mais eficazes.

Em comparação com as metodologias ágeis, como *Scrum* e *Kanban*, o modelo *Waterfall* é significativamente menos flexível. Enquanto as metodologias ágeis permitem mudanças frequentes nos requisitos e envolvem o cliente durante todo o processo, o *Waterfall* exige requisitos estáveis e só apresenta o produto ao cliente. Além disso, as metodologias ágeis priorizam a entrega contínua de valor, enquanto o *Waterfall* entrega o produto completo apenas ao final do projeto. Essa diferença é crucial em ambientes onde a adaptabilidade e a resposta rápida a mudanças são essenciais (Akiyoshi Nagai; Sbragia, 2023).

Devido às críticas à rigidez e natureza sequencial do modelo *Waterfall*, que muitas vezes não consegue acomodar as mudanças durante o ciclo de vida do projeto, surgiu a necessidade de abordagens mais flexíveis, como as metodologias ágeis, que enfatizam a adaptabilidade e o desenvolvimento iterativo. O Manifesto Ágil, estabelecido em 2001, descreve os principais valores e princípios que priorizam a colaboração com o cliente, a capacidade de resposta às mudanças e a melhoria contínua (Gupta *et al.*, 2024).

As metodologias ágeis permitem que as equipes respondam rapidamente às mudanças, tornando-as adequadas para indústrias de ritmo acelerado (Osemeike Gloria Eyieyien *et al.*, 2024). Além disso, o Agile promove o engajamento contínuo das partes interessadas, garantindo que os projetos permaneçam alinhados com as expectativas do usuário (Davis; K. Pinto, 2023).

O Manifesto Ágil define como valores e princípios o incentivo a indivíduos e interações, enfatizando a importância da colaboração em equipe em vez de processos rígidos (Akiyoshi Nagai; Sbragia, 2023). A entrega frequente de *softwares* funcionais aumenta a satisfação do cliente (Ay, 2024). O incentivo ao diálogo contínuo com os clientes para se adaptar às suas necessidades. Esses valores e princípios podem agregar positivamente ao gerenciamento de projetos e podem ser priorizados no desenvolvimento de várias aplicações em diferentes áreas da engenharia eletrônica, como no desenvolvimento de *softwares* (Ay, 2024; Susuruth Narayana Saker, 2023).

2.3 Engenharia eletrônica e desenvolvimento de *softwares*

O desenvolvimento de *software* em engenharia eletrônica é um domínio multifacetado que integra várias metodologias e ferramentas para enfrentar os desafios exclusivos impostos por sistemas embarcados, eletrônica de potência e processamento digital de sinais. A integração dos princípios da engenharia de *software* na engenharia eletrônica é crucial para o desenvolvimento de sistemas que atendam a requisitos rigorosos, como restrições de tempo, eficiência de energia e confiabilidade. Por exemplo, o uso de ambientes de desenvolvimento baseados em modelos, como o *ESmol*, facilita a integração do design de controle, geração de código e simulação, o que é essencial para gerenciar a complexidade de sistemas embarcados críticos para a segurança (Porter *et al.*, 2009).

Da mesma forma, a adoção de ferramentas de automação de projeto eletrônico (EDA) aprimora o projeto e a simulação de sistemas de controle eletrônico de potência, permitindo previsões de alta confiança do desempenho do sistema sem prototipagem física (Patterson; Holmes; Morley, 1992). Em contextos educacionais, a incorporação da engenharia de *software* nos currículos de engenharia eletrônica é cada vez mais enfatizada para preparar os alunos para as demandas das funções modernas de engenharia. Os programas foram desenvolvidos para combinar a ciência do *software* com o ensino tradicional de engenharia elétrica, equipando assim os graduados com as habilidades necessárias para a engenharia de *software* embarcada (Frezza, 1998; Smith, 2016).

Além disso, o uso de ferramentas de código aberto para projeto de circuitos integrados, como o *OpenLane*, oferece alternativas econômicas para fins educacionais, permitindo que os alunos se envolvam com todo o fluxo de projeto, desde a simulação até a geração do *layout* (Zezin, 2022). A integração da engenharia de *software* na engenharia eletrônica não apenas aprimora o design e a implementação de sistemas complexos, mas também garante que os graduados estejam bem preparados para enfrentar os desafios em evolução no campo (Alder, 1989; Smith, 2016).

As metodologias ágeis encontraram aplicações significativas na engenharia eletrônica, particularmente no aprimoramento da adaptabilidade, eficiência e capacidade de resposta em vários domínios. A integração do *Agile* com a IoT em soluções de engenharia tem sido transformadora, permitindo a utilização de dados em tempo real e o *feedback* contínuo, que são cruciais para a prototipagem rápida e a manutenção preditiva. Essa sinergia permite que as equipes de engenharia desenvolvam soluções mais inteligentes e responsivas que se alinham às demandas modernas do setor (Abhishek Goyal, 2023).

Na esfera educacional, metodologias ágeis foram aplicadas para redesenhar cursos de engenharia eletrônica, como redes e comunicações de dados, focando nas necessidades dos

alunos por meio de ferramentas como Mapas de Impacto e Personas de Usuário, resultando em maior satisfação do aluno (Vilchez-Sandoval; Vasquez-Paragulla; Llulluy-Nunez, 2020). Além disso, as abordagens iterativas e incrementais do *Agile* são benéficas no complexo campo do design de circuitos integrados (IC), onde ajudam a gerenciar a complexidade do projeto e melhorar o tempo de comercialização por meio de ferramentas inovadoras de automação eletrônica de design (EDA) (Dalbudak *et al.*, 2020).

Embora as metodologias ágeis sejam tradicionalmente associadas ao desenvolvimento de *software*, seus princípios de flexibilidade, satisfação do cliente e aprimoramento da qualidade são igualmente aplicáveis na engenharia eletrônica, facilitando a adaptação às mudanças de requisitos e reduzindo os riscos de desenvolvimento (Ballamudi, 2022; Zhen, 2024). No geral, as metodologias ágeis são fundamentais para impulsionar a inovação e a eficiência em engenharia eletrônica, desde ambientes educacionais até projetos complexos de design de IC.

2.4 Inteligência artificial e metodologias ágeis: desafios éticos e técnicos

A integração da Inteligência Artificial (IA) às metodologias ágeis apresenta uma oportunidade transformadora para aprimorar os processos de desenvolvimento de *software* otimizando a tomada de decisões, automatizando tarefas rotineiras e melhorando a produtividade da equipe. Tecnologias de IA, como aprendizado de máquina, análise preditiva e processamento de linguagem natural, podem aprimorar significativamente as práticas ágeis, incluindo planejamento de sprints, coordenação de recursos e gerenciamento de riscos (Jin, 2024a, 2024b).

O uso da IA em ambientes ágeis pode levar ao aumento da eficiência, inovação e vantagem competitiva para as organizações, melhorando a tomada de decisões e a automação de processos (Saxena; Totaro, 2024). No entanto, integrar a IA com metodologias ágeis também apresenta vários desafios éticos e técnicos. Isso inclui preocupações com a privacidade de dados, a necessidade de conhecimento sociotécnico especializado, o potencial de deslocamento de empregos e o risco de dependência excessiva de sistemas de IA (Jin, 2024a; Shafik, 2024).

Além disso, o alinhamento da natureza orientada por dados da IA com a abordagem iterativa e centrada no cliente do *Agile* pode ser desafiador, potencialmente levando a ineficiências e ciclos de desenvolvimento prolongados se não for gerenciado adequadamente (Kappagantual; N; P, 2024). As considerações éticas são fundamentais, pois a integração da IA deve se alinhar aos valores sociais e proteger os direitos individuais (Shafik, 2024). A

implementação bem-sucedida da IA em estruturas ágeis exige lidar com a resistência organizacional e garantir a qualidade dos dados (Oluwasanmi; Jarikre; Paul, 2023).

Apesar desses desafios, a IA tem um imenso potencial para remodelar as metodologias ágeis, aprimorando a explicabilidade, a transparência e o aprendizado contínuo, levando a um desenvolvimento de *software* mais rápido, eficiente e adaptável. À medida que a IA continua evoluindo, é crucial desenvolver práticas de IA responsáveis que se alinhem aos valores éticos e apoiem a natureza dinâmica das metodologias ágeis (Shafik, 2024).

2.5 Bibliometria e cienciometria: fundamentos e aplicações

A bibliometria e a cienciometria são metodologias que analisam quantitativamente a literatura científica para avaliar a produtividade e o impacto da pesquisa. A bibliometria se concentra na medição de dados bibliográficos, enquanto a cienciometria estende isso para avaliar a produção científica e suas implicações. As principais métricas bibliométricas incluem o índice h, que mede a produtividade e o impacto da citação de um autor; a cocitação, que identifica a frequência com que duas obras são citadas juntas, indicando sua relação; a coautoria, que examina os padrões de colaboração entre pesquisadores; e a co-ocorrência de termos, que analisa a frequência de palavras-chave que aparecem juntas em publicações (Dhawan *et al.*, 2024; Kumar, 2025). Ferramentas como VOSViewer, CiteSpace e Bibliometrix facilitam essas análises visualizando dados e mapeando tendências de pesquisa (Kumar, 2025). As aplicações da bibliometria em metodologias ágeis e engenharia eletrônica revelaram redes de colaboração significativas e temas de pesquisa emergentes, aprimorando a compreensão da evolução desses campos e orientando futuras direções de pesquisas (Gómez Cano; Sánchez Castillo, 2024; İri; Ünal, 2024).

A análise bibliométrica de metodologias ágeis em engenharia eletrônica, particularmente no desenvolvimento de *software*, revela um cenário de pesquisa dinâmico e em evolução. Metodologias ágeis, como *Scrum* e *Kanban*, têm sido amplamente adotadas devido à sua flexibilidade e capacidade de aumentar a produtividade e a qualidade em projetos de *software*. A crescente complexidade dos produtos de TI e a necessidade de adaptação rápida impulsionaram a preferência por metodologias ágeis em relação às tradicionais, já que as abordagens ágeis acomodam melhor as mudanças frequentes e os requisitos das partes interessadas (Lopes *et al.*, 2024; Zumba, 2018).

Estudos bibliométricos indicam um aumento significativo nas publicações relacionadas ao desenvolvimento ágil de *software*, com um pico observado por volta de 2015, destacando o crescente interesse acadêmico nesse campo (Abrahamsson; Oza; Siponen, 2010).

Os Estados Unidos, a China e a Alemanha são os principais contribuidores desse corpo de pesquisa, refletindo sua forte presença no desenvolvimento de *software* (Mata; Martins; Ferreira, 2024). Apesar da adoção generalizada, os desafios persistem, particularmente na integração do ágil com outras metodologias, como DevOps e computação em nuvem, que são cruciais para ambientes modernos de desenvolvimento de *software*. Além disso, a implementação de práticas ágeis muitas vezes encontra resistência devido à cultura organizacional, o que pode impedir a adoção bem-sucedida dessas metodologias (Sena; Oliveira, 2024).

Na Turquia, por exemplo, enquanto as práticas ágeis são cada vez mais adotadas, há uma lacuna notável na pesquisa secundária, indicando a necessidade de uma maior exploração (Ozkan *et al.*, 2024). A análise bibliométrica também revela grupos temáticos no gerenciamento ágil de projetos, enfatizando princípios fundamentais, implementações estratégicas e dinâmicas de equipe, que são essenciais para entender o amadurecimento e a adaptação do campo a ambientes complexos (Judijanto *et al.*, 2024). No geral, a análise bibliométrica ressalta a natureza interdisciplinar das metodologias ágeis e seu impacto significativo no desenvolvimento de *software*, ao mesmo tempo em que destaca áreas para futuras pesquisas e desenvolvimentos (Mata; Martins; Ferreira, 2024).

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

A metodologia proposta tem como principal objetivo proporcionar uma abordagem sistemática e replicável para a análise bibliométrica, permitindo uma compreensão geral do emprego de metodologias ágeis na engenharia eletrônica focando na área de desenvolvimento de *softwares*. As ferramentas utilizadas, foram escolhidas visando garantir uma análise robusta e visualmente informativa dos dados coletados.

3.1 Base de dados e ferramentas

Para a revisão da literatura será adotada a utilização da base de dado *Web of Science* (WoS), que é conhecida por sua abrangência e qualidade de resultados. Com isso, espera-se conseguir realizar uma busca ampla e que propicie um mapeamento fiel ao cenário científico acerca do tema proposto.

Para a realização das análises bibliométricas que serão conduzidas a partir dos dados coletados na base de dados definida, serão utilizados os *softwares* livres VosViewer e CiteSpace, para visualização de redes de co-citação, co-autoria e análise de co-ocorrência de termos e o pacote desenvolvido para linguagem R, Bibliometrix, que será usado para análise estatística e métricas bibliométricas, como índice h, índice de colaboração, e análise de citações.

3.2 Estratégia de Busca

O algoritmo de busca será construído com base em termos-chave relacionados a metodologias ágeis, Engenharia Eletrônica e desenvolvimento de *software*. A busca será realizada na *Web of Science* utilizando operadores booleanos e filtros para refinar os resultados.

Portanto, partindo do objetivo inicial, será utilizado o seguinte algoritmo de busca: *TS=("agile methodology" OR "scrum" OR "kanban" OR "extreme programming" OR "lean software development") AND TS=("electronic engineering" OR "software engineering" OR "embedded systems" OR "hardware-software co-design") AND TS=("software development" OR "software design" OR "software project management") AND LANGUAGE: (English) AND DOCUMENT TYPES: (Article OR Review) AND Timespan: 2000-2025.*

3.3 Coleta de Dados

Após a execução da busca, os resultados serão exportados das bases de dados utilizadas em formato compatível com os *softwares* de análise. Os dados serão limpos e padronizados

para garantir consistência, como a uniformização de nomes de autores e instituições, utilizando as ferramentas de gestão de dados bibliográficos Mendeley.

3.4 Análise Bibliométrica

A análise será dividida em três etapas principais:

3.4.1 Análise Descritiva

Volume de Publicações: Quantidade de artigos publicados ao longo do tempo;

Autores mais produtivos: Identificação dos autores com maior número de publicações;

Instituições e Países: Mapeamento das instituições e países mais produtivos;

Periódicos mais relevantes: Identificação das revistas com maior número de publicações.

3.4.2 Análise de Redes

Co-autoria: Mapeamento das redes de colaboração entre autores e instituições;

Co-citação: Identificação dos artigos mais citados e suas relações;

Co-ocorrência de Termos: Análise dos termos mais frequentes e suas relações para identificar temas emergentes.

3.4.3 Análise de Impacto

Citações: Identificação dos artigos mais citados e sua influência no campo;

Análise de Tendências: Identificação de tendências temporais nas publicações e citações.

3.4.4 Visualização dos Resultados

Mapas de Rede: Utilização do VosViewer para criar mapas de co-autoria, co-citação e co-ocorrência de termos;

Gráficos e Tabelas: Utilização do Bibliometrix para gerar gráficos de evolução temporal, tabelas de autores mais produtivos, e outras visualizações estatísticas.

3.4.5 Interpretação dos Resultados

Discussão: Interpretação dos resultados à luz do estado da arte, identificando lacunas e oportunidades de pesquisa;

Conclusões: Síntese das principais descobertas e suas implicações para a área de Engenharia Eletrônica e desenvolvimento de *software*.

CAPÍTULO 4

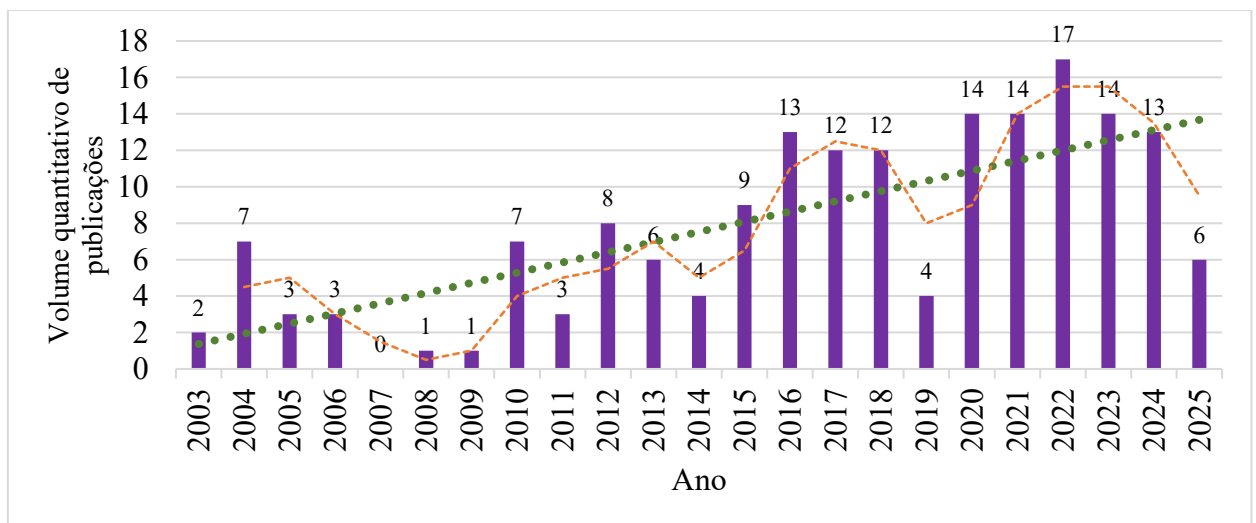
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo a metodologia proposta inicialmente para a construção desta revisão foi feita uma busca na base de dados *Web of Science*, utilizando os descritores de busca definidos e apresentados no Capítulo 3, item 3.2. A busca inicial, sem a aplicação de qualquer filtro retornou um total de 424 artigos, aplicando o filtro de linguagem para acessarmos apenas artigos em inglês, passamos a ter 407 artigos, e os mesmos 407 foram publicados do filtro temporal definido anteriormente. Também foi definido que para este estudo seriam considerados apenas artigos originais e revisões da literatura, deste modo, aplicando este filtro, passamos a ter como objeto de estudo, 173 artigos científicos. Portanto, para essa análise bibliométrica a amostra contou com 173 artigos, em inglês, publicados entre 2000 e 2025, sendo *papers* originais ou artigos secundários.

4.1 Análise descritiva

Utilizando o *software* livre R, através da biblioteca Bibliometrix, é possível avaliar algumas variáveis gerais e importantes da cienciometria. A começar pelo volume e tendência da produção anual científica. Na Figura 1 essas variáveis são apresentadas graficamente.

Figura 1 - Representação gráfica do volume quantitativo da produção científica de 2000 - 2025 sobre o emprego de metodologias ágeis na engenharia eletrônica, onde a linha laranja indica a média móvel (---) e a linha verde (●●●) a tendência geral dos dados



Fonte: O autor, 2025

Através dos dados levantados pelo Bibliometrix, de modo geral, desde o surgimento dos primeiros estudos sobre o tema houve um incremento anual médio de 5.12% na quantidade de artigos publicados, e o período de maior incremento na produção se inicia a partir do ano de 2008.

De modo geral, é possível observar que há um crescimento irregular, porém significativo no número de publicações sobre metodologias ágeis aplicadas à engenharia eletrônica e o desenvolvimento de *softwares*. Para melhor construção da análise, é possível dividir este crescimento em três fases distintas.

A fase 1, do Período Inicial (2003-2009) é marcada pela baixa produção e primeiras explorações. Uma média de 2,7 artigos foram publicados anualmente, com um pico em 2004 e com alguns anos sem registros, como é o caso de 2007. O Manifesto Ágil, surgido em 2001, ainda estava em fase de disseminação, com a adoção prioritariamente feita nas áreas voltadas à tecnologia de informação tradicional. Além disso, a engenharia eletrônica mantinha métodos tradicionais para o desenvolvimento de sistemas embarcados e de *hardware*, bem como para o desenvolvimento de *softwares*. O pico em 2004 é representado pelos primeiros estudos exploratórios sobre ágil em projetos de *software* embarcado ou integração de *hardware-software*.

Apesar da produção inexpressiva no Período Inicial, é em 2008 que surge o artigo mais citado e que impulsionou grande parte dos estudos que surgiram nas próximas fases. O artigo “*Empirical studies of agile software development: A systematic review*” de autoria de Tore Dyba e Torgeir Dingsoyr (2008) se trata de uma revisão sistemática que apresenta o desenvolvimento ágil de *software* como uma significativa mudança das metodologias convencionais baseadas em planos na engenharia de *software*. Nessa revisão sistemática de estudos empíricos conduzidos até 2005, 36 estudos pertinentes categorizados em temas como adoção, fatores humanos e percepções, foram analisados, ressaltando a necessidade de pesquisas empíricas aprimoradas e fornecendo insights acionáveis para profissionais do setor. A partir das lacunas apontadas neste estudo, grande parte das publicações futuras foram engatilhadas.

A segunda fase pode ser considerada a Fase de Consolidação (2010-2016), onde ocorre um crescimento gradual. O aumento de publicações é progressivo, com uma média de 6,6 ao ano, com destaque para os anos de 2012 com 8 artigos e 2015 com 9 artigos. Neste período, ocorreu a popularização do *Scrum* e *Kanban* em diversas indústrias e o surgimento de pesquisas sobre ágil em sistemas críticos como na aeronáutica e na automação industrial. Outros eventos marcantes do período são a expansão de conferências IEE *Agile Processes in Software*

Engineering, que passaram a ocorrer em meados de 2010. Um exemplo de *paper* que impulsionou essas conferências é o já citado “*Towards Model-Based Integration of Tools and Techniques for Embedded Control System Design, Verification, and Implementation*” de Joseph Porter e colaboradores (2009) que descreve conceitos, elementos e o estado da arte do desenvolvimento do conjunto de ferramentas proposto pelos autores e baseado nos princípios das metodologias ágeis, sendo essa uma publicação pioneira sobre o emprego dessas metodologias em sistemas embarcados.

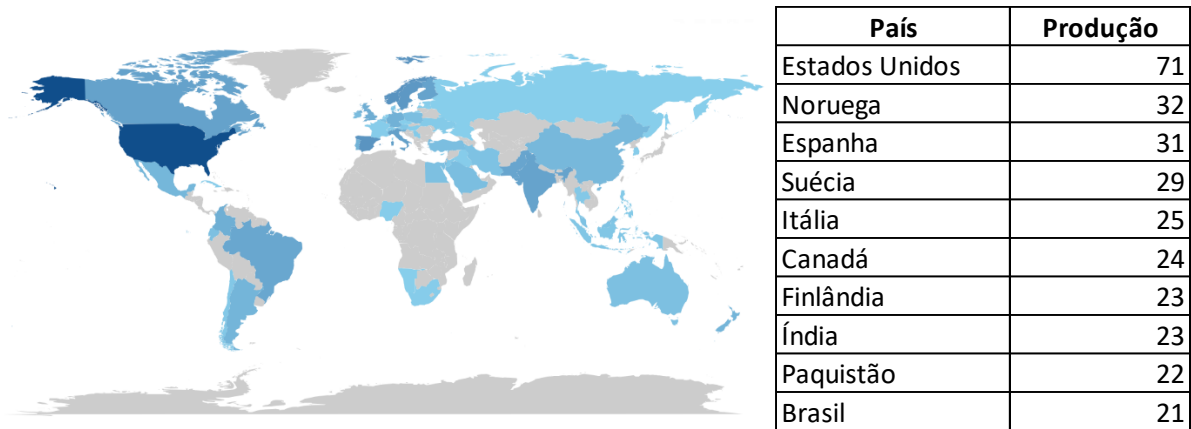
Por fim, a terceira fase, a Fase da Aceleração (2017-2025) é caracterizada pela expansão e aprimoramento das pesquisas relacionadas ao tema, agora com pesquisas mais pontuais, práticas e específicas, buscando preencher lacunas e aumentar o desenvolvimento das aplicações de metodologias ágeis na área, característica de temas que atingem sua maturidade no campo científico. Além disso, é impossível ignorar a influência da chegada das Inteligências Artificiais nesse momento de expansão, a partir de 2017, há um aumento de estudos que associam o ágil e as IAs, seja na automação de testes, na priorização de tarefas com o emprego de *machine learning*. É interessante pontuar que neste período o ano de 2022 apresentou um aumento acentuado na produção científica fenômeno esse muito observado em pesquisas relacionadas às metodologias ágeis de modo geral e impulsionado pela demanda por métodos ágeis em projetos remotos acelerados. Nessa fase, a média de publicações anual ficou em 6,6.

A evolução temporal demonstra que o tema ganhou relevância acadêmica apenas após 2010, com crescimento acelerado na última década. A influência da IA e a adaptação de *frameworks* ágeis a sistemas eletrônicos complexos são os principais impulsionadores recentes (Cabrero-Daniel, 2023). Contudo, a queda em 2023–2025 sugere a necessidade de investigar se o campo está atingindo um platô ou se novas tendências, como o ágil em *quantum computing* emergirão.

Para além da análise quantitativa para descrever o campo de pesquisa através da cienciometria, é importante realizar uma análise da distribuição geográfica da produção científica sobre o tema. Para isso, ainda utilizando o Bibliometrix, foi possível gerar o mapa de calor ilustrativo e o quadro apresentado na Figura 2, que apresenta quantitativamente a produção dos dez principais países produtores de artigos da área.

Os dados revelam uma concentração simbólica da produção científica em países considerados com tradição de investimento em pesquisa tecnológica, com países desenvolvidos e emergentes, que inclusive apresentam um desempenho relevante na produção de pesquisas sobre a área de conhecimento foco deste estudo.

Figura 2 - Análise da Distribuição Geográfica da Produção Científica sobre Metodologias Ágeis na Engenharia Eletrônica



Fonte: O autor, 2025

Os Estados Unidos, que neste caso, lideram de forma absoluta o quadro de maiores produtores de conhecimento na área, respondendo por quase metade da produção global da amostra de artigos analisados neste estudo. As possíveis razões para isso são a alta concentração de centros de pesquisa e indústria de ponta que investem em pesquisa sobre o ágil no campo de pesquisa da engenharia eletrônica e o desenvolvimento de *softwares*. Além disso, é importante ressaltar que o próprio Manifesto Ágil teve seu surgimento nos EUA, e desde seu surgimento, o país se tornou pioneiro em integrar essas metodologias a áreas técnicas (Beck *et al.*, 2001).

A Noruega vem em seguida, superando antigas e consumadas potências tecnológicas como a Alemanha e França, principalmente por possuírem uma forte cultura de inovação em engenharia offshore e universidades de ponta com foco em ágil e sistemas industriais complexos. A Espanha se destaca por apresentar um foco em pesquisas sobre a utilização do ágil em telecomunicações, e a Suécia, principalmente por sua vinculação com empresas como a Ericsson que investe no emprego do Scrum em desenvolvimento de *hardwares*. De modo geral, nos países desenvolvidos o que se observa é o favorecimento conseguido por parcerias entre universidades de ponta áreas tecnológicas e indústrias que investem nas pesquisas nessas instituições.

É interessante, no entanto observar que esses dados revelam uma legítima ascensão dos países emergentes na produção de conhecimento sobre o ágil na engenharia eletrônica e no desenvolvimento de *softwares*. Seja pelo investimento em terceirização de desenvolvimento de *softwares*, como experienciado pela Índia, ou pelo investimento em startups de eletrônica, como no caso do Paquistão, estes fatores impulsionaram as pesquisas na área. Outro ponto de destaque é que o Brasil aparece na lista ocupando a 10ª colocação no ranking, à frente de potências

tecnológicas como a Alemanha e a Coréia do Sul e sendo disparado o maior produtor de conhecimento sobre o tema na América Latina. Isso em grande parte se deve ao fato de o país possuir centros de pesquisa importantes, bem estruturados e de referência em universidades como a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) que produzem pesquisas sobre temas relacionados ao emprego do ágil em sistemas embarcados para a agricultura de precisão ou mesmo a integração de *Scrum* e *Kanban* em projetos de automação industrial. Além disso, o país também conta com empresas como a Embraer e a Siemens Brasil que adotam o Ágil em desenvolvimento de sistemas eletrônicos.

Outro fator importante para a análise descritiva de uma revisão bibliométrica a cerca de um tema é conhecer os principais periódicos que publicaram os artigos presentes na amostra de estudos. Para isso, foi utilizada a metodologia baseada na Lei de Bradford.

A Lei de Bradford, proposta pelo bibliotecário Samuel C. Bradford em 1934, é um princípio bibliométrico que descreve a distribuição desigual da literatura científica em periódicos. Ela estabelece que a maioria dos artigos relevantes sobre um tema específico está concentrada em um pequeno número de revistas (núcleo ou "core"), enquanto os demais estão dispersos em uma quantidade muito maior de fontes periféricas (Donthu *et al.*, 2021; Romanelli *et al.*, 2021).

A lei frequentemente é representada na forma de uma distribuição de zonas onde o núcleo ou Zona 1 é o pequeno grupo de periódicos que concentra a maior parte dos artigos relevantes, o grupo intermediário ou a Zona 2 é composta por periódicos com número moderado de artigos e a Zona 3 ou grupo periférico representa as fontes com poucos artigos cada. A Figura 3 representa a distribuição baseada na Lei de Bradford para os periódicos que publicaram os artigos que foram coletados e são objeto de estudo neste texto (Figueiredo *et al.*, 2019).

A aplicação da Lei de Bradford aos dados bibliométricos sobre metodologias ágeis revela um padrão característico de distribuição desigual da produção científica, com marcada concentração em poucas fontes principais. A análise dos 87 periódicos listados demonstra claramente a formação das três zonas típicas previstas pela lei.

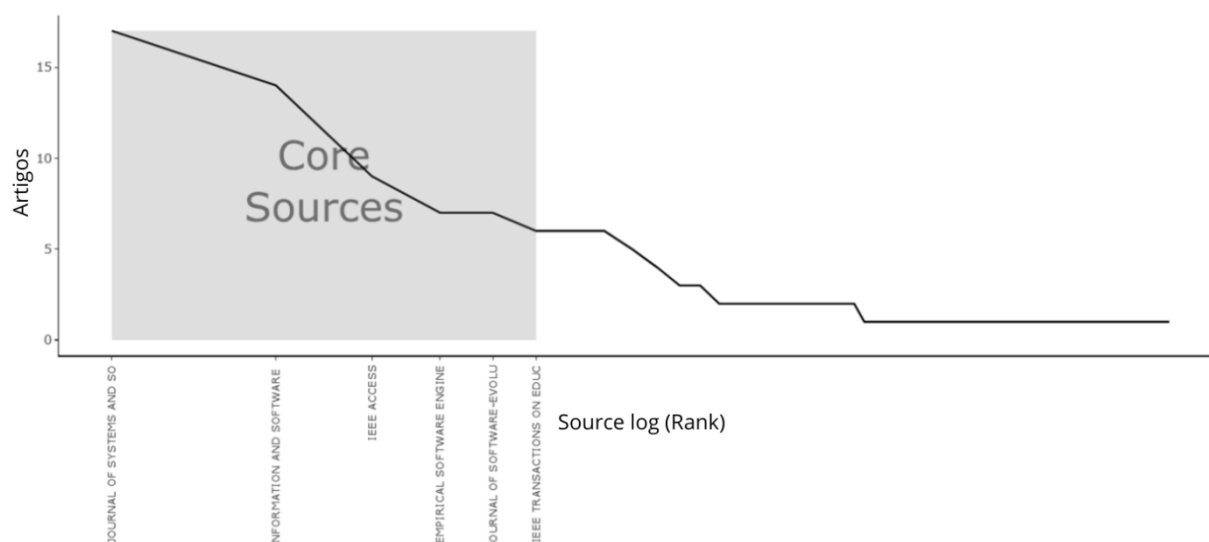
A Zona 1 ou núcleo central compreende os seis periódicos mais produtivos, que concentram 60 artigos (34,9% do total). Destacam-se:

- *Journal of Systems and Software* (17 artigos);
- *Information and Software Technology* (14 artigos);
- *IEEE Access* (9 artigos);
- *Empirical Software Engineering* (7 artigos);

- *Journal of Software-Evolution and Process* (7 artigos);
- *IEEE Transactions on Education* (6 artigos).

Estas revistas formam o núcleo essencial para qualquer pesquisa na área, reunindo os trabalhos fundamentais e mais citados sobre metodologias ágeis.

Figura 3 - Representação da lei de Bradford aplicada aos periódicos que publicaram os artigos analisados neste estudo



Fonte: O autor, 2025

A Zona 2 (Intermediária) contém 18 periódicos que publicaram entre 2 e 6 artigos cada, totalizando 51 publicações (29,7% do total). Inclui títulos como:

- *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* (6 artigos);
- *International Journal of Engineering Education* (6 artigos);
- *IET Software* (5 artigos);
- *Software-Practice & Experience* (3 artigos).

Estas fontes oferecem pesquisas complementares e estudos de caso valiosos para aplicações específicas das metodologias ágeis.

Por fim a Zona 3 (Periférica) agrupa 63 periódicos com apenas 1 artigo cada (36,6% do total em 63,4% das fontes). Exemplos:

- *Computer Applications in Engineering Education*;
- *IEEE Software*;
- *Sustainability*;
- *Journal of Supercomputing*.

Esta longa cauda inclui publicações especializadas em nichos temáticos ou com escopo geográfico limitado, muitas vezes abordando aplicações pontuais das metodologias ágeis. A implicações diretas dessa análise, para pesquisadores são a recomendação de priorizar as 6 fontes da Zona 1 para uma revisão bibliográfica eficiente, complementando com as da Zona 2 para aplicações específicas. Para autores, a publicação em revistas do núcleo garante maior visibilidade, enquanto as zonas 2 e 3 podem ser adequadas para estudos de caso ou abordagens inovadoras. E para instituições de pesquisa e órgãos interessados pelo tema, essa análise ajuda na priorização da assinatura das revistas da Zona 1, uma vez que elas oferecem o melhor custo-benefício em termos de acesso à literatura relevante (Figueiredo *et al.*, 2019).

No entanto é importante também considerar que a análise leva em conta apenas o volume de publicações, sem ponderar por fatores de impacto ou citações. Além disso, o corte temporal dos dados não está especificado, o que poderia afetar a interpretação das tendências.

Esta distribuição confirma a validade da Lei de Bradford para o campo de metodologias ágeis na engenharia eletrônica e no desenvolvimento de *softwares*, demonstrando que 34,9% da literatura relevante está concentrada em apenas 6,9% das fontes (Zona 1), enquanto 36,6% dos artigos estão dispersos em 72,4% dos periódicos (Zona 3). Esse padrão reforça a importância de se conhecer e acessar as fontes nucleares para pesquisa eficaz na área.

4.2 Análise do mapa de co-ocorrência de termos (rede bibliométrica)

A análise do mapa de co-ocorrência ou da rede bibliométrica é uma ferramenta comumente utilizada para elucidar as relações entre os principais autores e conceitos no campo de estudo que se pretende analisar (Aria e Cuccurullo, 2017; Donthu *et al.*, 2021; Perianes-Rodriguez, Waltman e Eck, van, 2016). Na Figura 4 a seguir a rede bibliométrica construída com base nos estudos coletados para este trabalho é apresentada.

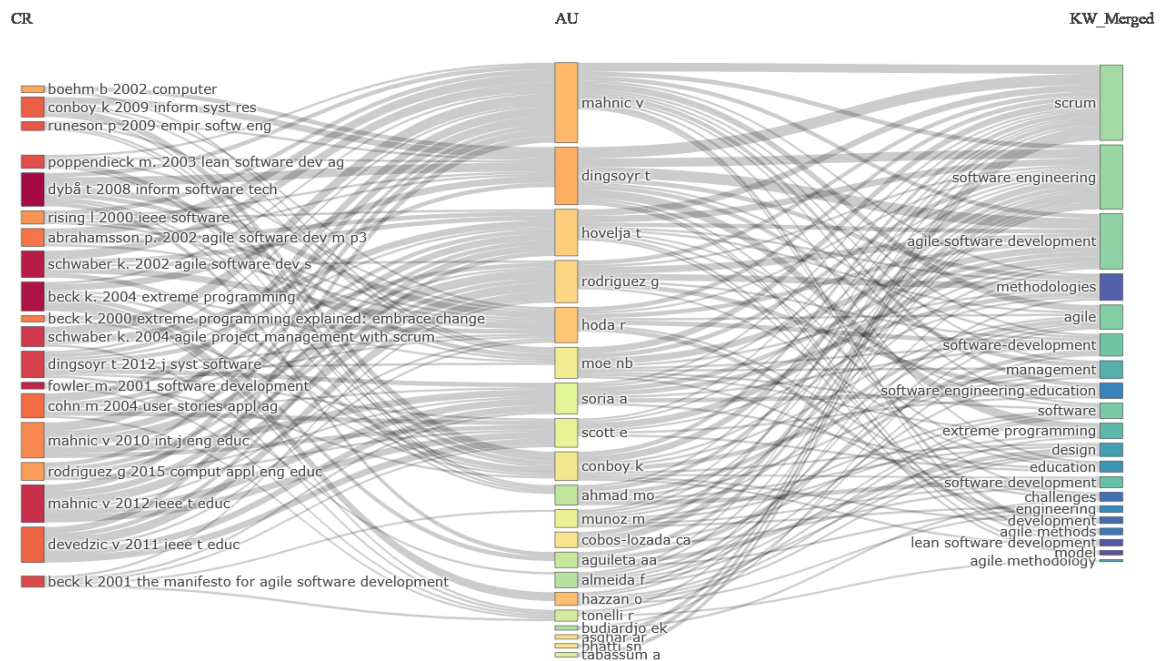
Neste mapa de rede bibliométrica são representadas visualmente as relações entre os principais autores e conceitos no campo das metodologias ágeis, revelando padrões importantes para nossa pesquisa. As redes de co-ocorrência funcionam conectando elementos (autores ou termos) que aparecem juntos frequentemente nas publicações, onde a proximidade entre os nós indica maior relação conceitual e o tamanho dos nós reflete sua relevância no campo.

A análise revela três grandes eixos temáticos interconectados. O primeiro e mais central agrupa os fundadores do movimento ágil, como Beck (autor do Manifesto Ágil e obras sobre *Extreme Programming*) e Schwaber (criador do *Scrum*), associados a termos como "*agile*

software development" e *lean software development*". Este núcleo representa a base teórica das metodologias ágeis que fundamentam nossa pesquisa.

Um segundo eixo importante conecta pesquisas sobre educação em engenharia de *software*, com autores como Mahnic e Rodriguez, cujos trabalhos frequentemente abordam termos como *software engineering education* e *methodologies*". Esta área mostra como as metodologias ágeis foram incorporadas ao ensino de engenharia, aspecto relevante para nosso estudo sobre aplicação na engenharia eletrônica.

Figura 4 - Mapa de co-ocorrência de termos ou rede bibliométrica em metodologias ágeis aplicadas à engenharia eletrônica e desenvolvimento de *softwares*



Fonte: O autor, 2025

O terceiro eixo destaca os desafios na implementação, com autores como Dingsøyr e Hoda associados a termos como *management* e *challenges*". Esta rede revela as principais dificuldades documentadas na adoção de métodos ágeis, informação valiosa para nossa discussão sobre barreiras na engenharia eletrônica.

A análise da rede mostra algumas limitações importantes, como por exemplo a percepção de que há pouca conexão com termos como *hardware* ou *embedded systems*", indicando que a literatura analisada tem foco predominante em desenvolvimento de *software* tradicional. Além disso, a ausência de termos como *artificial intelligence*" sugere que o corpus

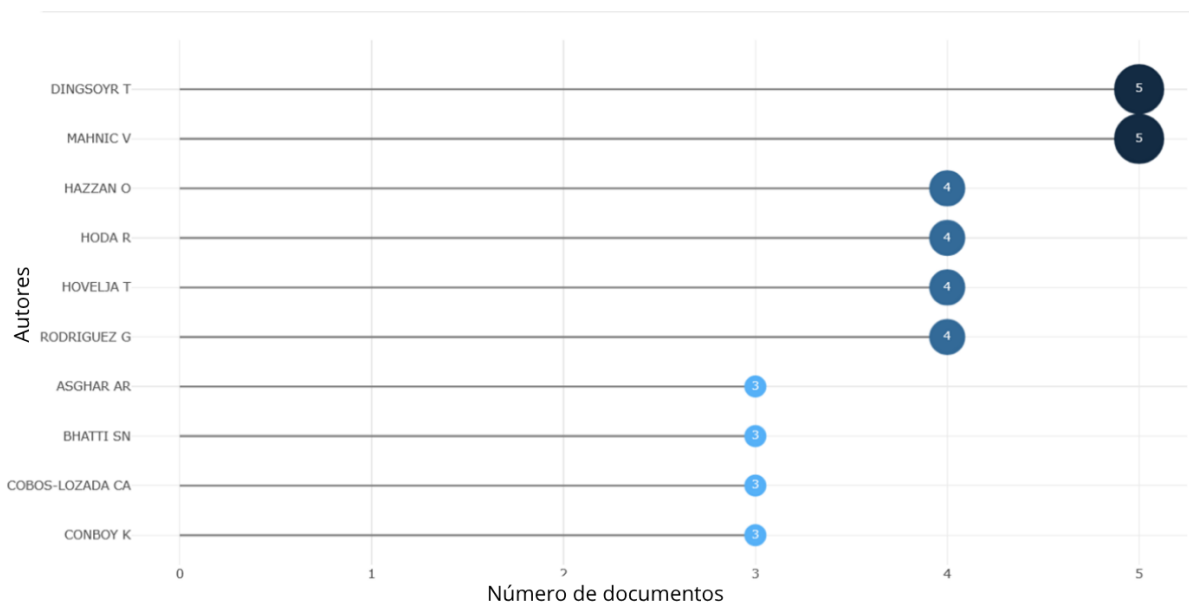
analisado representa principalmente pesquisas anteriores à popularização da IA em métodos ágeis (pré-2015).

Esta visualização nos permite identificar as principais correntes de pensamento no campo, mostrando como os conceitos fundamentais se relacionam com aplicações educacionais e desafios práticos. Para nosso estudo específico sobre engenharia eletrônica, a análise sugere a necessidade de complementar esta base com pesquisas mais recentes e específicas sobre aplicação em sistemas embarcados e integração com novas tecnologias como IA.

4.3 Análise dos autores, coautorias e das redes de colaboração

Na Figura 5 a seguir estão representados os principais autores, com maior número de contribuições, no campo de pesquisa analisado neste estudo.

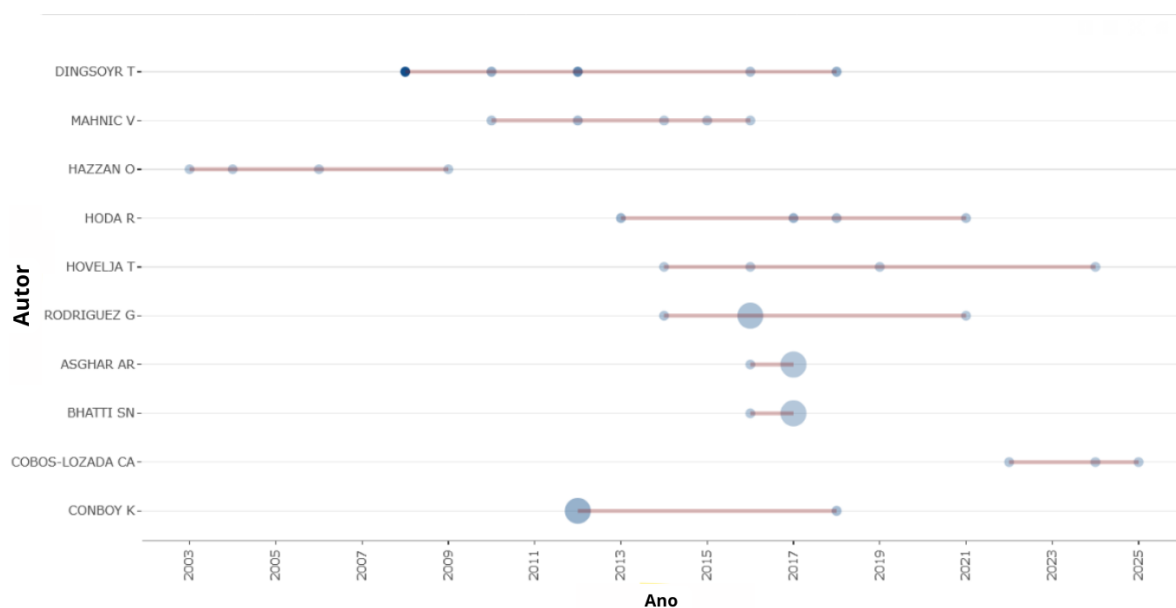
Figura 5 - Representação gráfica com o quantitativo total dos principais autores do tema estudado



Fonte: O autor, 2025

Na Figura 6 está representada a evolução temporal da produção científica dos principais autores que contribuíram na área de estudo analisada. Cada um dos círculos menores representando um estudo, e os círculos maiores representando dois estudos publicados no ano em questão.

Figura 6 - Evolução temporal da contribuição científica dos principais autores do tema estudado



Fonte: O autor, 2025

A análise gráfica com base na evolução temporal nos auxilia a elucidar como estes autores contribuíram, se apenas com trabalhos pontuais, ou com contribuições constantes com o passar do tempo, atuando e se atualizando sobre o tema. Esses fatores, mais do que apenas uma medida quantitativa auxilia na mensuração de nomes influentes em uma determinada área de pesquisa (Donthu *et al.*, 2021).

De modo geral a análise dos dados revela um grupo central de pesquisadores que se destacam na produção científica sobre metodologias ágeis. Os autores Dingsøyr T e Mahnic V emergem como os mais produtivos, com 5 artigos cada, seguidos por Hazzan O, Hoda R, Hovelja T e Rodriguez G, com 4 artigos cada. Esses pesquisadores formam o núcleo intelectual do campo, sendo responsáveis por contribuições fundamentais que sustentam o desenvolvimento teórico e aplicado das metodologias ágeis no campo de pesquisa deste estudo.

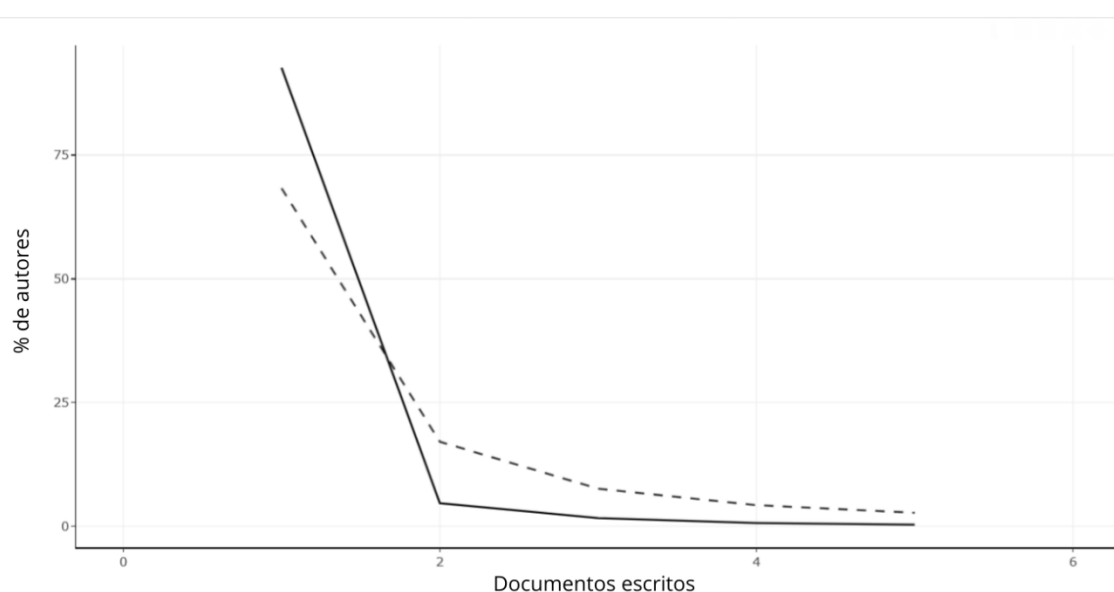
O destaque de Mahnic V é particularmente significativo quando analisamos o índice de artigos fracionalizados (4.0), indicando que este autor não apenas publica com frequência, mas também tende a ser o principal contribuidor em seus trabalhos. Em contraste, Dingsøyr T, apesar de igualmente produtivo, apresenta um índice fracionalizado menor (1.73), sugerindo uma maior tendência a colaborações onde o crédito é mais distribuído.

A Lei de Lotka, formulada por Alfred J. Lotka em 1926, é um princípio bibliométrico que descreve a distribuição da produtividade científica entre autores. Segundo esta lei, em

qualquer campo do conhecimento (Figueiredo *et al.*, 2019), a maioria dos autores (aproximadamente 60%) produz apenas um trabalho, uma minoria significativamente menor produz múltiplos trabalhos e a relação entre o número de autores e sua produtividade segue uma distribuição inversamente proporcional ao quadrado do número de artigos publicados.

Matematicamente, a lei pode ser expressa como $y = c/x^n$, onde y é o número de autores que publicam x artigos, c é uma constante e n geralmente está próximo de 2. Na Figura 7 está representada a análise da produtividade segundo a lei de Lotka considerando os estudos analisados neste trabalho.

Figura 7 - Análise da Produtividade segundo a Lei de Lotka



Fonte: O autor, 2025

A imagem "Produtividade por autores de acordo com a Lei de Lotka" apresenta uma distribuição típica que confirma a validade da lei para o campo das metodologias ágeis na engenharia eletrônica e no desenvolvimento de *softwares*.

Observamos que a grande maioria dos autores (cerca de 70-80%) publicou apenas 1 ou 2 artigos, formando a base da pirâmide de produtividade, um grupo intermediário (15-20%) produziu entre 3 e 5 artigos e uma pequena elite (5-10% ou menos) foi responsável por 6 ou mais publicações.

Esta distribuição desigual é característica da ciência em geral e reflete vários fatores como o esforço e tempo necessários para produzir pesquisa de qualidade, a existência de pesquisadores "especialistas" que dedicam suas carreiras ao tema e a dinâmica de colaboração científica, onde alguns pesquisadores se tornam hubs de redes de cooperação.

A combinação da análise dos autores mais produtivos com a aplicação da Lei de Lotka permite algumas conclusões importantes. O campo das metodologias ágeis apresenta uma estrutura de produtividade típica das ciências aplicadas, com um núcleo de especialistas sustentando o desenvolvimento do conhecimento. Além disso a existência de autores altamente produtivos (como Mahnic V e Dingsøyr T) sugere a maturidade do campo, com linhas de pesquisa consolidadas. Por fim, a longa "cauda" de autores com poucas publicações indica tanto a interdisciplinaridade do tema quanto a entrada contínua de novos pesquisadores

Esta análise confirma que, embora muitos pesquisadores contribuam para o campo das metodologias ágeis, seu avanço teórico e aplicado depende fundamentalmente do trabalho de um grupo relativamente pequeno de autores altamente produtivos e especializados.

Na Figura 8 estão ilustrados os padrões globais da produção científica e afiliações institucionais dos autores mais influentes do tema deste estudo.

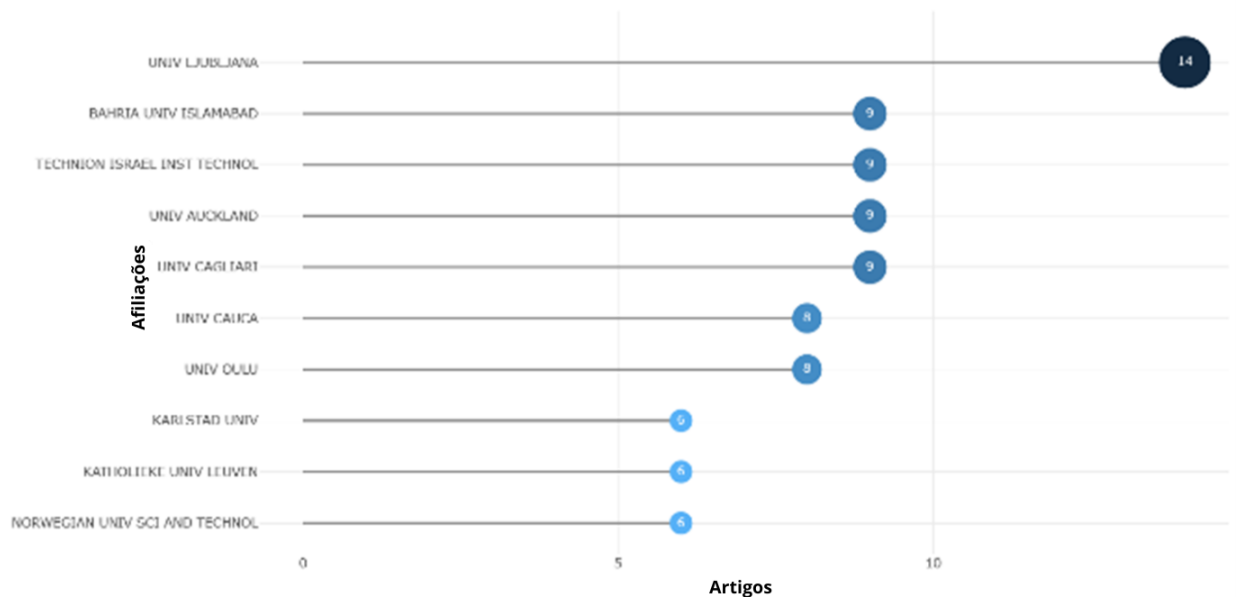
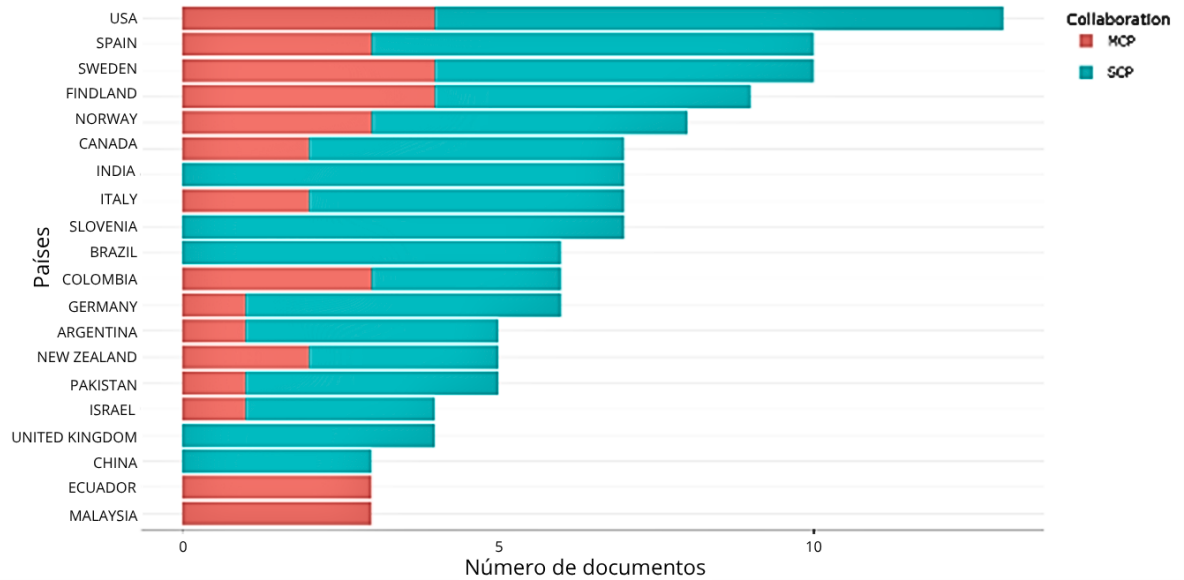
Assim como na análise geral dos países mais produtivos os dados revelam um cenário científico marcado por diversidade geográfica e colaboração internacional, com participação tanto de países desenvolvidos quanto em desenvolvimento. A liderança dos Estados Unidos e de nações europeias como Espanha, Suécia, Finlândia e Noruega reflete seus investimentos históricos em ciência e tecnologia, bem como sua integração em redes de pesquisa globais. Países emergentes, como China, Índia, Brasil e Paquistão, destacam-se pela crescente produção acadêmica, indicando uma mudança no eixo da produção científica mundial.

No nível institucional, universidades de prestígio como a *Norwegian University of Science and Technology* (Noruega), a *Technion Israel Institute of Technology* (Israel) e a *Katholieke Universiteit Leuven* (Bélgica) representam a excelência em pesquisa em seus respectivos países. Simultaneamente, instituições de regiões menos tradicionais no cenário científico, como a *Bahria University* (Paquistão) e a *Universidad del Cauca* (Colômbia), demonstram a expansão da base de conhecimento para além dos polos consolidados.

A presença de siglas como MCP (*Multiple Country Publications*) e SCP (*Single Country Publications*) evidencia dois movimentos simultâneos:

1. Internacionalização: Colaborações transnacionais são frequentes, especialmente entre países desenvolvidos e instituições de elite;
2. Fortalecimento local: Produções nacionais (SCP) mantêm relevância, particularmente em países em desenvolvimento, que estão construindo suas capacidades científicas.

Figura 8 - Padrões globais da produção científica e afiliações institucionais dos autores mais influentes do tema

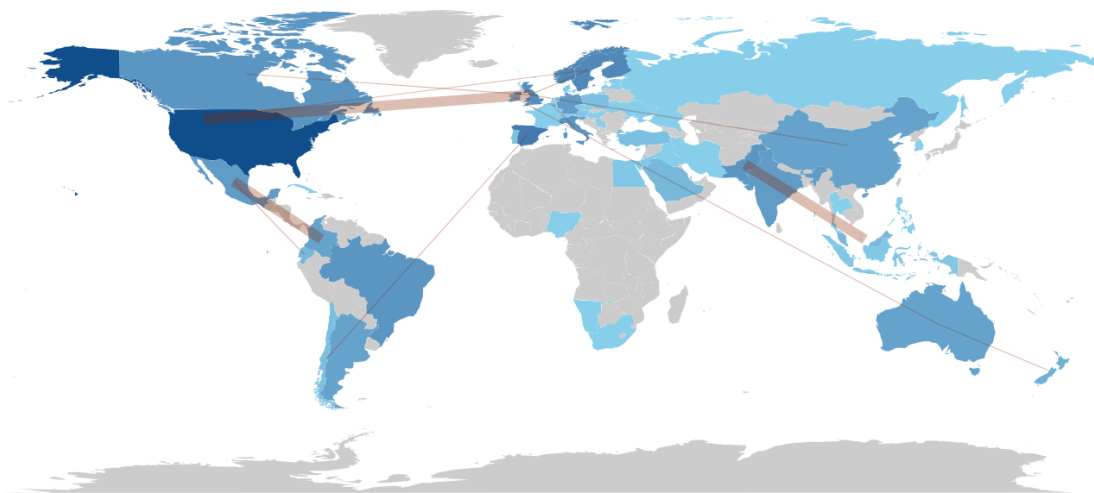


Fonte: O autor, 2025

Em conclusão, a pesquisa científica contemporânea é caracterizada por uma rede interconectada, onde instituições tradicionais e emergentes colaboram, mas também competem por visibilidade. Enquanto nações desenvolvidas dominam em volume e infraestrutura, países em desenvolvimento mostram dinamismo, sugerindo um futuro com maior pluralidade de vozes na ciência global. A multidisciplinaridade e a cooperação internacional aparecem como pilares essenciais para avanços significativos.

Um fator interessante de se analisar nesse quesito é a colaboração entre os países. A Figura 9 apresenta o mapa de colaboração científica entre os países.

Figura 9 - Mapa mundial representando a colaboração entre países



Fonte: O autor, 2025

Os mapas de colaboração como o representado na Figura 9 sugerem a existência de redes complexas e estratificadas de cooperação científica internacional. Os dados estatísticos utilizados para a construção deste mapa estão presentes no Quadro 2 do apêndice deste documento. Embora a ausência de rótulos específicos nos gráficos criados pelo Bibliometrix limite uma interpretação detalhada é possível inferir padrões gerais com base na disposição e conexões apresentadas e nos dados brutos utilizados para a construção deste mapa representativo.

Os dados revelam um intrincado ecossistema de colaborações científicas internacionais, caracterizado por padrões assimétricos de cooperação e fluxos desiguais de conhecimento. A análise dos vínculos entre países demonstra claramente a existência de centros hegemônicos e periferias científicas, com dinâmicas de colaboração que refletem tanto relações históricas quanto estratégias contemporâneas de desenvolvimento científico.

Principais Eixos de Colaboração

1. **Hubs Científicos Globais:** Os Estados Unidos emergem como o principal nó da rede, com conexões densas e diversificadas (ex.: +134.49 com Austrália, +103.82 com China, +96.69 com Rússia). A China consolida sua posição como parceiro estratégico, especialmente no Sudeste Asiático (+109.70 com Malásia) e com potências ocidentais.
2. **Redes Regionais Especializadas**

- Europa: A Bélgica atua como ponte entre economias desenvolvidas (+10.03 com Dinamarca) e emergentes (-71.38 com Chile), enquanto a Espanha mantém laços fortes com a América Latina (-65.18 com Argentina, -73.08 com Colômbia);
- Ásia-Pacífico: A Austrália destaca-se como hub regional (+134.49 com China, +109.70 com Malásia), refletindo sua posição geopolítica estratégica;
- América Latina: Mostra dependência de colaborações Norte-Sul (ex.: Brasil - 65.18 com Argentina, México -102.52 com Canadá).

Padrões Assimétricos Notáveis

1. **Fluxos Desbalanceados:** Colaborações entre centros e periferias frequentemente apresentam valores negativos (ex.: Itália -98.31 com Canadá, Espanha -102.52 com México), sugerindo transferência assimétrica de conhecimento ou diferenças na atribuição de autoria.
2. **Parcerias Surpreendentes:**
 - Cooperação Rússia-Europa Ocidental (+96.69 com Bélgica, França, Suécia) persiste apesar de tensões geopolíticas;
 - Paquistão emerge como ponte entre China (+103.82) e Oriente Médio (+44.54 com Arábia Saudita).

Dinâmicas de Exclusão Científica

1. **África Sub-representada:** Apenas conexões pontuais aparecem (ex.: Finlândia +17.21 com Namíbia, +8.09 com Nigéria), revelando marginalização continental na produção científica global;
2. **Assimetrias Intra-regionais:** Enquanto Europa mostra densa interconexão (+26.27 Finlândia-Noruega, +16.75 Suécia-Espanha), América Latina apresenta mais colaborações extra-regionais do que internas.

Tendências Emergentes

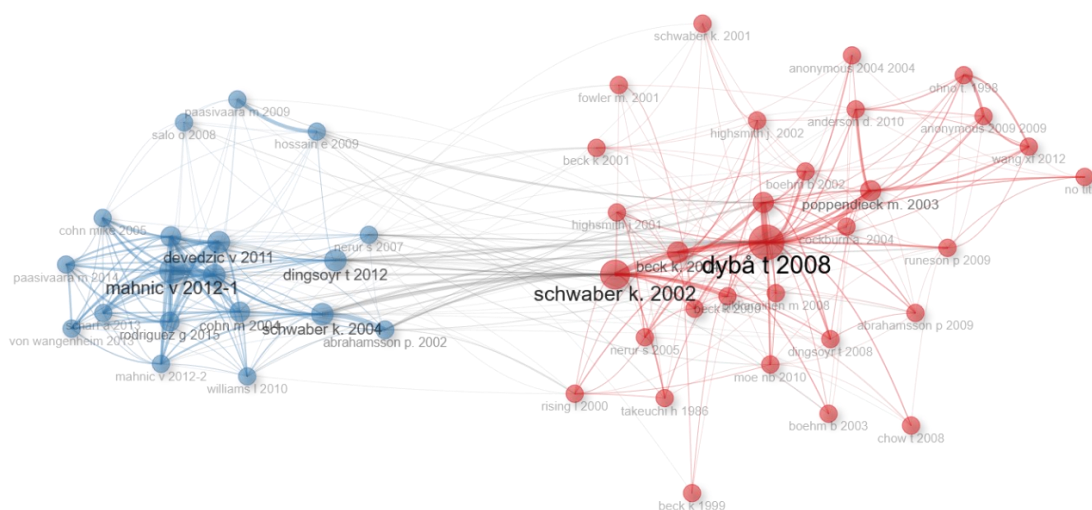
1. **Eixo China-Países em Desenvolvimento:** Parcerias como China-Paquistão (+103.82) e China-Malásia (+109.70) sugerem nova geopolítica do conhecimento;
2. **Resiliência de Redes Tradicionais:** Laços históricos persistem (ex.: Reino Unido-Austrália +134.49), mas com intensidade variável (Reino Unido-Índia apenas -2.87).

Estes dados revelam um sistema científico global em transição, onde potências tradicionais (EUA, UE) mantêm centralidade, mas enfrentam competição de novos polos (China, Austrália), colaborações refletem tanto estratégias científicas quanto alinhamentos geopolíticos e também assimetrias persistentes sugerem que a "internacionalização" da ciência não implica necessariamente em maior equidade.

A análise sugere a necessidade de políticas científicas que fortaleçam redes Sul-Sul e mitiguem assimetrias em parcerias Norte-Sul integrando regiões marginalizadas (África, partes da Ásia Central) nas redes globais de conhecimento.

A Figura 10 apresenta a estrutura de co-citações dos trabalhos avaliados neste estudo. O mapa de co-citação representa as relações entre autores ou documentos que são frequentemente citados em conjunto na literatura científica, revelando a estrutura intelectual de um campo de pesquisa. Para interpretá-lo corretamente, deve-se observar: (1) a proximidade entre os nós, que indica a força da associação temática - autores/documentos próximos são citados juntos com mais frequência e provavelmente tratam de tópicos relacionados; (2) o tamanho dos nós, que geralmente reflete a importância ou frequência de citação de cada elemento; (3) os agrupamentos (clusters), que destacam subáreas ou escolas de pensamento dentro do campo, muitas vezes diferenciados por cores; e (4) as conexões entre clusters, que mostram como diferentes subáreas dialogam entre si. Autores no centro do mapa são fundamentais para o campo (núcleo teórico), enquanto os periféricos podem representar trabalhos especializados ou emergentes. A presença de nós isolados pode indicar pesquisas desconectadas das correntes principais ou lacunas na base de dados (Eck, van e Waltman, 2014; Judijanto *et al.*, 2024; Waltman e Eck, Van, 2012).

Figura 10 - Mapa de co-citações com representação em rede



Fonte: O autor, 2025

O mapa de co-citações revela a estrutura intelectual de um campo de pesquisa que parece estar relacionado às metodologias ágeis e engenharia de *software*, como evidenciado pela presença de autores seminais como Schwaber K. (2023) e Beck K. (2001), figuras centrais no desenvolvimento do *Scrum* e *Extreme Programming*, além de Cockburn A. e Fowler M. (2001),

outros nomes fundamentais no campo de desenvolvimento ágil. A presença de autores mais contemporâneos como Rodriguez G. (2016) e Gómez C. (2024) indica a evolução contínua deste campo de estudo.

Observam-se padrões interessantes na rede de co-citações. Os agrupamentos de autores como Schwaber, Beck e Fowler sugerem estudos concentrados em *frameworks* ágeis, enquanto trabalhos mais recentes como Bindrees M. (2014) podem indicar pesquisas aplicadas em equipes distribuídas. A presença de entradas como "*Anonymous*" (2004, 2009) e "*No title*" (1988) revela possíveis limitações na indexação de dados ou a influência de trabalhos não acadêmicos. A concentração temporal das citações entre 2001-2010 coincide com o período de consolidação das metodologias ágeis, enquanto publicações posteriores a 2012 apontam para novas tendências e desenvolvimentos no campo.

Mapas de colaboração ilustram as relações entre pesquisadores, instituições ou países que trabalham em conjunto na produção de conhecimento científico. Para analisá-lo adequadamente, é preciso observar primeiramente os nós, que representam os atores individuais (pesquisadores, universidades ou nações) e seu tamanho geralmente reflete a produtividade ou influência na rede, em segunda observações é interessante notar que as linhas de conexão, que indicam parcerias concretas em publicações ou projetos, a espessura dessas linhas normalmente mostra a intensidade ou frequência da colaboração, já a proximidade entre os nós, sugere o grau de integração entre os atores e por fim a formação de clusters (grupos densamente conectados), revelam comunidades de pesquisa coesas, frequentemente unidas por afinidades geográficas, temáticas ou institucionais.

Nessa rede, atores centrais com muitas conexões atuam como hubs, facilitando o fluxo de conhecimento, enquanto nós periféricos podem indicar pesquisadores ou instituições com menor integração nas redes principais. A presença de "pontes" (atores que conectam clusters diferentes) é particularmente relevante, pois demonstra a capacidade de vincular áreas ou grupos distintos. A distribuição geográfica dos nós ainda pode evidenciar padrões de internacionalização ou concentração regional do conhecimento.

Essa visualização permite identificar líderes científicos, parcerias estratégicas, dinâmicas de cooperação (como colaborações Norte-Sul) e até exclusões - atores isolados ou regiões sub-representadas. Diferentemente do mapa de citações, que reflete influência teórica, este revela a estrutura social da ciência, mostrando como o conhecimento é produzido coletivamente. A análise combinada com dados de citação pode ainda diferenciar colaborações produtivas (que geram impacto) daquelas meramente formais. Na Figura 11 está representado

Um padrão interessante aparece nos Clusters 4 a 8 e 11-12, onde todos os membros apresentam valores de *closeness* iguais a 1.0. Isso indica que estes clusters podem ser mais periféricos na rede global, com colaborações mais internas do que externas. Em contraste, o Cluster 9, com "rodriguez g", "scott e" e "soria a", mostra valores intermediários de *betweenness* (0.667), sugerindo que servem como conexões secundárias entre diferentes partes da rede.

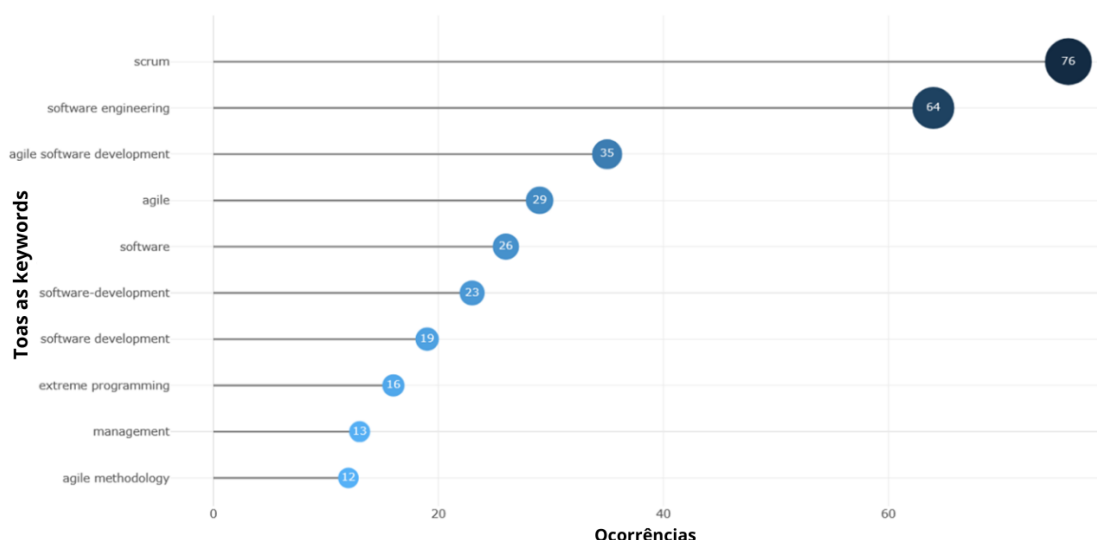
A distribuição dos valores de *PageRank*, presentes no documento base usado para a construção dos mapas e que está contido no Quadro 6 do apêndice deste documento, revela que "dingsoyr t" (0.042) e "cobos-lozada ca" (0.036) são os nós mais influentes na rede, considerando tanto o número quanto a qualidade de suas conexões. Curiosamente, vários pesquisadores como "hazzan o", "dubinsky y" e "mahnic v" compartilham exatamente os mesmos valores de métricas (*Betweenness* 0.0, *Closeness* 1.0, *PageRank* 0.026), sugerindo posições estruturais semelhantes na rede, possivelmente como membros de grupos periféricos especializados.

A presença de múltiplos clusters com características distintas (alguns mais centrais e conectados, outros mais periféricos e especializados) sugere que a rede de colaboração representa um ecossistema científico diversificado, onde coexistem grupos estabelecidos com amplas conexões e grupos mais nichados focados em áreas específicas. Esta estrutura provavelmente favorece tanto a troca interdisciplinar (através dos nós conectores) quanto o aprofundamento em domínios especializados (nos clusters mais isolados).

4.4 Análise temática com base nas palavras-chave e indicadores de tema

A análise de palavras-chave em estudos bibliométricos revela-se como uma ferramenta fundamental para compreender a estrutura e evolução de um campo científico. No caso específico desta pesquisa sobre metodologias ágeis no desenvolvimento de *software*, a frequência e distribuição dos termos oferecem insights valiosos sobre as tendências e focos principais da área. Na Figura 12 está representado o mapa com as mais frequentes palavras-chave veiculadas nos estudos analisados neste trabalho.

Figura 12 - Mais frequentes palavras-chaves utilizadas nos artigos analisados neste estudo



Fonte: O autor, 2025

Observando os dados apresentados, constata-se que o termo "*Scrum*" surge com destaque absoluto, registrando 76 ocorrências. Esta prevalência acentuada demonstra a posição central que este *framework* ocupa tanto na pesquisa acadêmica quanto na prática profissional. O *Scrum* consolidou-se claramente como a principal referência quando se trata de abordagens ágeis, superando significativamente outras metodologias.

A combinação "*Software Engineering*" (64 ocorrências) e "*Agile Software Development*" (35 ocorrências) forma o segundo eixo temático mais relevante. Esta dupla predominância indica que os estudos analisados abordam o desenvolvimento ágil como uma evolução natural da engenharia de *software* tradicional, mantendo os fundamentos disciplinares enquanto incorporam os princípios de flexibilidade e adaptabilidade característicos das metodologias ágeis.

Os termos mais genéricos "*Agile*" (33 ocorrências) e "*Software*" (26 ocorrências) aparecem com frequência considerável, reforçando que a pesquisa nesta área não se limita a métodos específicos, mas abrange uma visão mais ampla sobre como os princípios ágeis podem ser aplicados no desenvolvimento de *software* de forma geral. Esta abordagem mais abrangente sugere um campo de estudo maduro, que já transcendeu a fase de análise de metodologias isoladas.

Chama atenção a diferença significativa na frequência de metodologias mais específicas. O "*Extreme Programming*", por exemplo, aparece com apenas 10 ocorrências, enquanto "*Agile Methodology*" registra 12. Esta disparidade em relação ao *Scrum* pode indicar

tanto uma preferência da comunidade por este último *framework* quanto uma possível consolidação do *Scrum* como metodologia padrão no campo.

A análise também revela a ausência de termos relacionados a tendências mais recentes, como DevOps ou aplicações de inteligência artificial em contextos ágeis. Esta lacuna pode sugerir que o corpus analisado se concentra em estudos fundamentais e consagrados, ou que estas novas abordagens ainda não alcançaram massa crítica suficiente na literatura acadêmica.

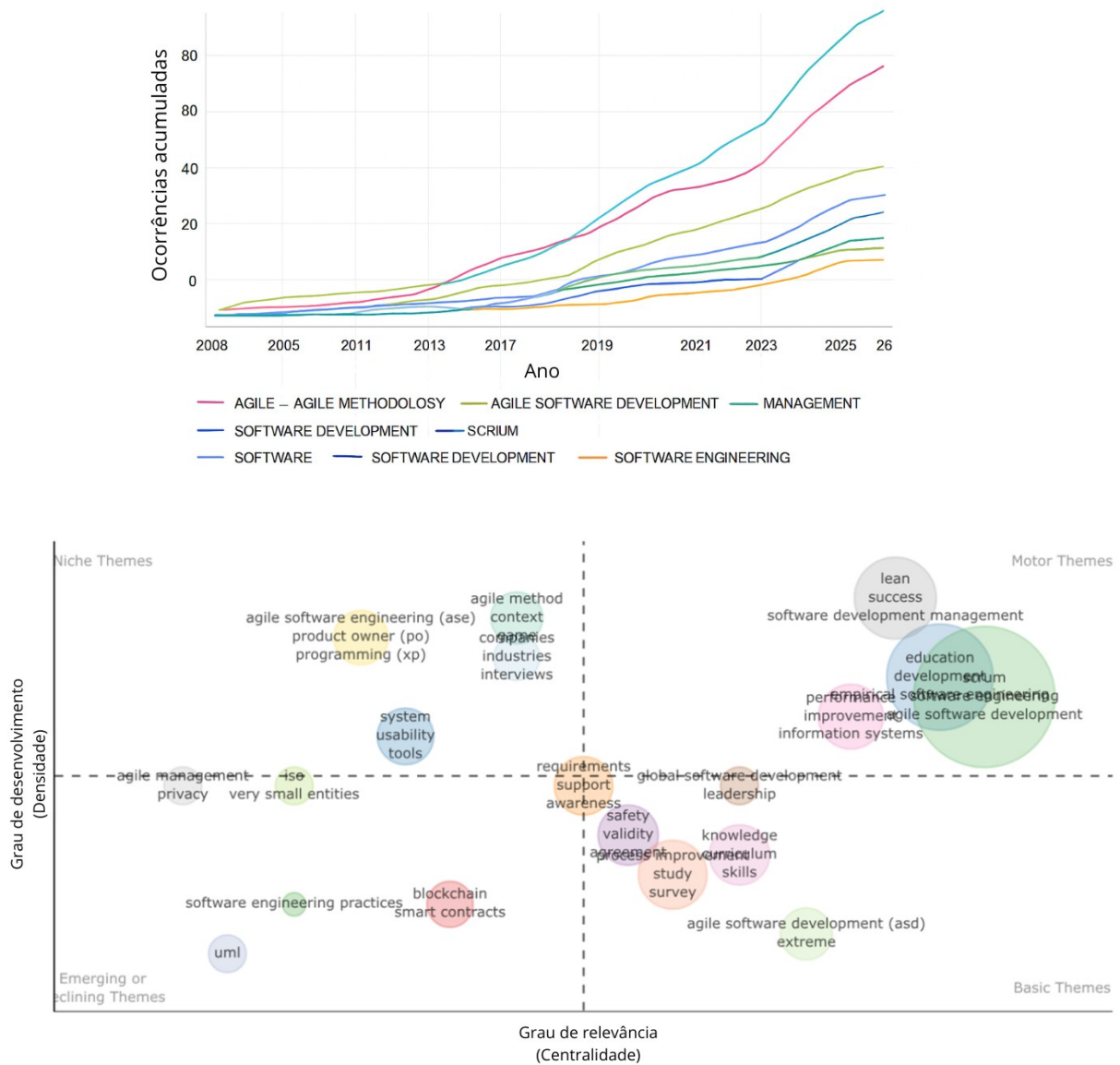
Em síntese, o mapeamento das palavras-chave demonstra um campo de pesquisa consolidado em torno do Scrum como principal referência, complementado por estudos que integram princípios ágeis à engenharia de *software* tradicional. A relativa escassez de termos específicos e a ausência de conceitos emergentes podem apontar para oportunidades de pesquisa em abordagens alternativas ou na intersecção entre metodologias ágeis e novas tecnologias. Esta distribuição lexical oferece um retrato valioso do estado atual da pesquisa na área, servindo tanto para orientar futuros estudos quanto para contextualizar a evolução do campo.

Além da análise da frequência da ocorrência dos termos listados como palavras-chave, é interessante analisar a evolução temporal destes termos e como esses termos costumam se agrupar. Na Figura 13 estão apresentadas as representações gráficas da evolução temporal do uso dos termos listados como palavra-chave dos estudos analisados, e também a distribuição em grupos temáticos destes termos.

A análise combinada dos grupos temáticos e da frequência de termos ao longo do tempo revela um campo de pesquisa dinâmico e em constante evolução, com claras demarcações entre temas consolidados, emergentes e especializados. O gráfico de grupos temáticos apresenta uma estruturação clara do conhecimento, onde se observa a distinção entre "*Niche Themes*" (temas de nicho), "*Emerging or Declining Themes*" (temas emergentes ou em declínio) e "*Basic Themes*" (temas básicos), organizados segundo seu grau de relevância e centralidade.

No núcleo central dos "*Basic Themes*", destacam-se conceitos fundamentais como "*agile software development (asd)*" e "*extreme programming (xp)*", que formam a base teórica do campo. Estes termos aparecem intimamente conectados a "*software engineering practices*" e "*software development management*", indicando que a pesquisa nesta área mantém um forte vínculo com os princípios tradicionais da engenharia de *software*, ainda que adaptados aos paradigmas ágeis. A presença de "*Scrum*" como elemento central no gráfico de frequência de palavras (figura 7) corrobora esta interpretação, mostrando sua consolidação como *framework* predominante.

Figura 13 - Análise integrada dos temas agrupados e a evolução temporal das palavras-chave



Fonte: O autor, 2025

Os "*Niche Themes*" revelam especializações interessantes que expandem as fronteiras do campo. Temas como "*blockchain smart contracts*" e "*agile management privacy*" sugerem a aplicação de princípios ágeis em domínios tecnológicos emergentes e questões contemporâneas de governança. A menção a "*global software development leadership*" e "*education development*" aponta para pesquisas que abordam desafios organizacionais e pedagógicos na implementação de metodologias ágeis em contextos distribuídos e educacionais. Curiosamente, a inclusão de "*iso very small entities*" indica uma preocupação com a adaptação destas metodologias para pequenas organizações, um nicho que ganha relevância na literatura.

O gráfico de frequência temporal (figura 7) complementa esta análise ao mostrar a trajetória de consolidação dos principais conceitos. Observa-se que termos como "*AGILE*", "*SOFTWARE ENGINEERING*" e "*SCRUM*" mantêm uma presença constante e dominante, confirmando seu status de pilares fundamentais do campo. Em contraste, "*EXTREME PROGRAMMING*" apresenta uma trajetória mais modesta, o que pode refletir seu reposicionamento como metodologia específica dentro do espectro mais amplo das abordagens ágeis.

A evolução lexical revela ainda alguns insights importantes: o crescimento consistente de "*AGILE SOFTWARE DEVELOPMENT*" como termo unificador, sugerindo uma maturação do campo que vai além da simples adoção de métodos específicos; e a relativa estabilidade de "*MANAGEMENT*" como conceito associado, indicando a permanente relevância dos aspectos gerenciais mesmo em contextos ágeis.

Um aspecto particularmente interessante é a aparente desconexão entre alguns nichos temáticos identificados (como "*blockchain smart contracts*") e os termos mais frequentes ao longo do tempo. Esta disparidade pode sugerir que enquanto o núcleo central do campo se mantém estável em torno de conceitos consagrados, as fronteiras do conhecimento continuam se expandindo para áreas especializadas e multidisciplinares.

Em síntese, a análise conjunta dos dois gráficos pinta um quadro de um campo de pesquisa maduro em seu núcleo fundamental, mas vibrante e inovador em suas fronteiras. A consistência dos temas básicos ao longo do tempo demonstra a solidez dos fundamentos das metodologias ágeis, enquanto a diversidade de nichos temáticos aponta para um campo em constante renovação e adaptação a novos contextos tecnológicos e organizacionais. Esta dualidade entre tradição e inovação caracteriza um campo científico saudável, que preserva seus fundamentos enquanto explora novas aplicações e sinergias com outras áreas do conhecimento.

4.5 Tendências na aplicação de metodologias ágeis na Engenharia Eletrônica

O crescimento na aplicação de metodologias ágeis, como *Scrum* e *Kanban*, em projetos de *software* embarcado é evidenciado pelo aumento significativo de publicações científicas a partir de 2008 (Dyba; Dingsoyr, 2008; Porter *et al.*, 2009). Esse crescimento foi impulsionado pela necessidade de adaptação a sistemas complexos e ciclos de desenvolvimento acelerados na engenharia eletrônica (Ballamudi, 2022). O *Scrum* destaca-se como o *framework* mais utilizado, com 76 ocorrências nas palavras-chave analisadas, enquanto o *Kanban* aparece em

contextos que demandam fluxos contínuos de trabalho, como no desenvolvimento de sistemas embarcados (Zaveri *et al.*, 2024).

Em comparação com áreas tradicionais de TI, a adoção de metodologias ágeis na engenharia eletrônica apresenta particularidades. Enquanto em TI o foco está na flexibilidade e entrega contínua de *software*, na engenharia eletrônica há um desafio adicional: a integração entre *hardware* e *software* (Dalbudak *et al.*, 2020). Isso exige adaptações nos *frameworks* ágeis, como a incorporação de etapas de validação física e testes em ambientes simulados (Porter *et al.*, 2009). Além disso, projetos em engenharia eletrônica muitas vezes envolvem requisitos rígidos e regulamentações, o que pode limitar a flexibilidade típica das metodologias ágeis (Senarath, 2021).

4.6 Influência da inteligência artificial nas metodologias ágeis

A IA está sendo integrada às metodologias ágeis em áreas como automação de testes, priorização de tarefas e geração de código (Jin, 2024a). Ferramentas como Jira, que incorporam IA para prever prazos e identificar gargalos, e o GitHub Copilot, que auxilia na escrita de código, exemplificam essa tendência (Ay, 2024). Além disso, a análise preditiva baseada em IA está ajudando equipes a tomar decisões mais eficientes (Saxena; Totaro, 2024).

No entanto, essa integração apresenta desafios. Do ponto de vista ético, questões como viés algorítmico e privacidade de dados são preocupações recorrentes (Shafik, 2024). Tecnicamente, a automação excessiva pode minar valores fundamentais do Manifesto Ágil, como a colaboração humana e a adaptabilidade (Beck *et al.*, 2001). Além disso, há o risco de substituição de funções humanas, exigindo um equilíbrio entre automação e interação pessoal (Oluwasanmi; Jarikre; Paul, 2023).

4.7 Lacunas na literatura

O estudo bibliométrico identificou lacunas importantes, como a escassez de pesquisas sobre metodologias ágeis no desenvolvimento de *hardware*, como circuitos integrados (Dalbudak *et al.*, 2020). Outra lacuna é a falta de estudos sobre o uso de métodos ágeis em ambientes altamente regulamentados, como aeronáutica e medicina, onde a conformidade com normas e a segurança são críticas (Senarath, 2021).

Além disso, embora a IA esteja ganhando espaço nas práticas ágeis, poucos estudos exploram seu impacto a longo prazo ou abordam soluções para os desafios éticos e técnicos que surgem (Jin, 2024). Essas lacunas apontam para oportunidades de pesquisa futura,

especialmente em temas como a adaptação de *frameworks* ágeis para contextos específicos e a integração responsável de IA (Shafik, 2024).

4.1 Comparação com outros estudos bibliométricos

Os resultados deste estudo alinham-se parcialmente com revisões anteriores, como a de Abrahamsson et al. (2010), que já apontavam o crescimento do ágil em TI. No entanto, este trabalho avança ao focar na engenharia eletrônica e na influência da IA, temas pouco explorados em estudos anteriores (Judijanto *et al.*, 2024). Enquanto Abrahamsson *et al.* destacavam a predominância do *Scrum* e do *Extreme Programming*, esta pesquisa confirma a consolidação do *Scrum*, mas também revela o surgimento de novas tendências, como a combinação de ágil com IA e DevOps (Mata, Martins e Ferreira, 2024).

Além disso, a análise identificou redes de colaboração internacionais, com países como EUA, Noruega e China liderando a produção científica (Figura 9), contrastando com estudos mais antigos, que tendiam a focar em contextos regionais (Ozkan *et al.*, 2024). Em síntese, este estudo não apenas confirma tendências já observadas, mas também expande o entendimento do campo ao incorporar novas tecnologias e contextos de aplicação.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Respostas às perguntas da problematização

Este trabalho buscou responder a questões centrais sobre o emprego de metodologias ágeis na engenharia eletrônica, com foco no desenvolvimento de *softwares*, e a influência da inteligência artificial (IA) nesse contexto.

Dentre as principais descobertas, pode-se destacar que o Scrum emergiu como o *framework* ágil predominante, com 76 ocorrências nas palavras-chave analisadas, consolidando-se como a metodologia de escolha para projetos na área. Sua flexibilidade e adaptabilidade são especialmente valorizadas em contextos complexos, como o desenvolvimento de sistemas embarcados.

A integração da IA mostrou-se promissora, com ferramentas como Jira e GitHub Copilot otimizando processos como automação de testes, priorização de tarefas e geração de código. No entanto, essa integração exige atenção a desafios éticos, como viés algorítmico e privacidade de dados, além do risco de comprometer valores fundamentais do Manifesto Ágil, como a colaboração humana.

A adoção de metodologias ágeis na Engenharia Eletrônica e no Desenvolvimento de *Softwares* ainda é incipiente comparada ao desenvolvimento de *software* puro. Barreiras como a integração entre *hardware* e *software*, requisitos rígidos e ciclos de validação física limitam a aplicação plena dos princípios ágeis.

Além disso, as perguntas secundárias foram respondidas ao identificar tendências emergentes, como a combinação de ágil com DevOps, e lacunas na literatura, como a escassez de estudos sobre ágil em *hardware* e ambientes altamente regulamentados.

5.2 Contribuições do trabalho

Este estudo oferece contribuições significativas para o campo:

Mapeamento inédito: Realizou-se uma análise bibliométrica abrangente da produção científica sobre metodologias ágeis na engenharia eletrônica, destacando a evolução temporal, os principais autores, instituições e redes de colaboração. A inclusão da IA como fator de análise acrescentou uma camada relevante ao estudo, ainda pouco explorada na literatura;

Identificação de oportunidades: Foram apontadas áreas para pesquisas futuras, como a aplicação de metodologias ágeis em Internet das Coisas (IoT), integração com DevOps e estudos sobre a adaptação de *frameworks* ágeis para contextos específicos, como circuitos integrados e sistemas críticos.

Essas contribuições são valiosas tanto para acadêmicos, ao direcionar futuras investigações, quanto para profissionais, ao oferecer insights sobre práticas eficazes e desafios a serem superados.

5.3 Limitações do estudo

Apesar dos avanços, este trabalho apresenta limitações que devem ser consideradas:

Restrição a bases de dados: A análise foi baseada principalmente na Web of Science, o que pode ter excluído estudos relevantes indexados em outras bases, como Scopus ou IEEE Xplore;

Abordagem quantitativa: A natureza bibliométrica do estudo priorizou métricas quantitativas, como volume de publicações e citações, sem aprofundar em análises qualitativas sobre a eficácia das metodologias em contextos reais;

Corte temporal: Embora o período analisado (2000–2025) seja abrangente, a rápida evolução da IA e das práticas ágeis demanda atualizações frequentes para capturar tendências recentes.

5.4 Recomendações para pesquisas futuras

Com base nas lacunas identificadas, sugere-se que estudos futuros explorem:

1. Estudos de caso em empresas de eletrônica: Investigar como organizações estão adaptando metodologias ágeis para projetos que envolvem *hardware* e *software*, com foco em lições aprendidas e melhores práticas;

2. Impacto da IA em equipes ágeis multidisciplinares: Analisar como ferramentas de IA estão transformando a dinâmica de equipes que atuam em engenharia eletrônica, incluindo aspectos como produtividade, tomada de decisão e ética;

3. Integração com tecnologias emergentes: Explorar a sinergia entre metodologias ágeis e áreas como *quantum computing*, *edge computing* e sistemas autônomos, que podem redefinir os paradigmas atuais;

4. Abordagens híbridas: Pesquisar modelos que combinem ágil com métodos tradicionais (como *Waterfall*) em projetos de alta complexidade técnica ou regulatória.

Em síntese, este trabalho não apenas ajuda a consolidar o conhecimento existente, mas também abre caminho para investigações futuras que possam ampliar o entendimento e a aplicação das metodologias ágeis na interseção entre engenharia eletrônica, desenvolvimento de *softwares* e inteligência artificial.

REFERÊNCIAS

- ABHISHEK GOYAL. Integrating IoT and Agile Methodologies for Smarter Engineering Solutions. *International Journal of Science and Research Archive*, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 754–766, 2023.
- ABRAHAMSSON, P.; OZA, N.; SIPONEN, M. T. Agile software development methods: a comparative review. In: *Agile Software Development: Current Research and Future Directions*. [S. l.]: Springer, 2010. p. 31–59.
- AKIYOSHI NAGAI, R.; SBRAGIA, R. As origens da metodologia ágil: de onde saímos e onde estamos? Uma revisão sistemática da literatura. *Revista de Gestão e Projetos*, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 11–41, 2023.
- ALDER, C. Software engineering education in an electronic engineering degree. *Software Engineering Journal*, [s. l.], v. 4, n. 4, p. 191–196, 1989.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: an R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1751157717300500>. Acesso em: 09 de outubro de 2025.
- AY, S. Use of Agile Models in Software Engineering: emerging and declining themes. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, [s. l.], v. 10, n. 4, 2024.
- BALLAMUDI, V. K. R. Unlocking the Power of Agile Methodology: a journey to developing software and web applications. *Engineering International*, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 45–54, 2022.
- BECK, K. et al. Twelve Principles of Agile Software. [S. l.], 2001. Disponível em: <https://agilemanifesto.org/iso/en/manifesto.html>. Acesso em: 8 mar. 2025.
- BINDREES, M. A.; POOLEY, R. J.; IBRAHIM, I. S.; TAYLOR, N. K. Re-evaluating media richness theory in software development settings. *Journal of Computer and Communications*, [s. l.], v. 2, n. 14, p. 37–51, 2014. Disponível em: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/jcc.2014.214004>. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

CABRERO-DANIEL, B. *AI for Agile Development: a meta-analysis*. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://chat.openai.com/chat>. Acesso em: 9 de março de 2025.

CHAKROBORTI, D.; NATH, S. S.; SCHNEIDER, K. A.; ROY, C. K. Release conventions of open-source software: an exploratory study. *Journal of Software: Evolution and Process*, [s. l.], v. 35, n. 1, 2023.

DALBUDAK, E. et al. The use of agile methodology for porting analog and mixed-signal circuits between different technology nodes. In: *2020 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)*. [S. l.]: IEEE, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9216458/>. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

DAVIS, K.; PINTO, J. K. Corporate innovation and agile project management. In: *Handbook on Innovation and Project Management*. [S. l.]: Edward Elgar Publishing, 2023. p. 375–392.

DHAWAN, D. S. M. et al. Bibliometrics research in India: a scientometric assessment of high-cited publications during 1994–2023. *Journal of Data Science, Informetrics, and Citation Studies*, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 275–293, 2024.

DONTHU, N. et al. How to conduct a bibliometric analysis: an overview and guidelines. *Journal of Business Research*, [s. l.], v. 133, p. 285–296, 2021.

DYBÅ, T.; DINGSØYR, T. Empirical studies of agile software development: a systematic review. *Information and Software Technology*, [s. l.], v. 50, n. 9–10, p. 833–859, 2008.

FERNANDEZ, C. et al. Design patterns combination for agile development of teaching/learning simulators. *International Journal of Engineering Education*, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 1036–1052, 2016.

FIGUEIREDO, R. et al. The role of knowledge intensive business services in economic development: a bibliometric analysis from Bradford, Lotka and Zipf laws. *Gestão & Produção*, [s. l.], v. 26, n. 4, 2019.

FREZZA, S. T. An undergraduate software engineering program...within electrical engineering. In: *FIE '98. 28th Annual Frontiers in Education Conference*. [S. l.]: IEEE, 1998. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/738804/>. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

GÓMEZ CANO, C. A.; SÁNCHEZ CASTILLO, V. Scholarly output on computer networks and communication: a ten-year bibliometric analysis in Scopus (2013–2022). *Gamification and Augmented Reality*, [s. l.], v. 2, p. 29, 2024.

GUPTA, S. et al. Evaluating Waterfall vs. Agile models in software development for efficiency and adaptability. In: [S. l.: s. n.], [2024?]. p. 142–148.

İRİ, R.; ÜNAL, E. Bibliometric analysis of research (1980–2023). *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 386–403, 2024.

JIN, Z. Integrating AI into Agile workflows: opportunities and challenges. *Applied and Computational Engineering*, [s. l.], v. 116, n. 1, p. 49–54, 2024. Disponível em: <https://www.ewadirect.com/proceedings/ace/article/view/17310>. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

JUDIJANTO, L. et al. Bibliometric analysis of trends and developments in agile project management. *West Science Business and Management*, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 626–635, 2024.

KAPPAGANTUAL, M.; N, B.; P, V. B. *A Modern Approach to AI: Integrating Machine Learning with Agile Practices*. [S. l.]: QTanalytics India, 2024.

KUMAR, R. Bibliometric analysis: comprehensive insights into tools, techniques, applications, and solutions for research excellence. *Spectrum of Engineering and Management Sciences*, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 45–62, 2025.

LOPES, L. et al. Metodologias ágeis: explorando o impacto do scrum e do kanban na qualidade e produtividade do software. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, [s. l.], v. 12, n. 2, 2024.

MATA, P. N.; MARTINS, J. M.; FERREIRA, J. C. New software product development: bibliometric analysis. *Journal of the Knowledge Economy*, [s. l.], 2024.

OLUWASANMI, R.; JARIKRE, A. O.; PAUL, A. The impact of artificial intelligence on agile project management: a product perspective. *Advances in Multidisciplinary & Scientific Research Journal Publication*, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 99–104, 2023.

OSEMEIKE, G. E. et al. Advancements in project management methodologies: integrating agile and waterfall approaches for optimal outcomes. *Engineering Science & Technology*

Journal, [s. l.], v. 5, n. 7, p. 2216–2231, 2024.

OZKAN, N. et al. A bibliometric analysis of Agile software development publications originating from Turkey. *Journal of Software: Evolution and Process*, [s. l.], v. 36, n. 5, 2024.

PERIANES-RODRIGUEZ, A.; WALTMAN, L.; VAN ECK, N. J. Constructing bibliometric networks: a comparison between full and fractional counting. *Journal of Informetrics*, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 1178–1195, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1751157716302036>. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

PORTER, J. et al. Towards model-based integration of tools and techniques for embedded control system design, verification, and implementation. In: [S. l.: s. n.], [2000?]. p. 20–34.

ROMANELLI, J. P. et al. Four challenges when conducting bibliometric reviews and how to deal with them. *Environmental Science and Pollution Research*, [s. l.], v. 28, n. 43, p. 60448–60458, 2021.

SAXENA, T.; TOTARO, M. W. Artificial intelligence in project management: impacts on efficiency, innovation and competitive edge. In: *Artificial Intelligence for Business (AIxB)*. [S. l.]: IEEE, 2024. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10771252/>. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

SENA, J. W. P. de; OLIVEIRA, S. R. B. Challenges in adopting agile methodologies in the software engineering processes management: a literature review. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, [s. l.], v. 18, n. 7, p. e08090, 2024.

SENARATH, U. S. *Waterfall methodology, prototyping and agile development*. [S. l.]: Technical Report, 2021.

SHAFIK, W. Role of artificial intelligence in the agile project management. In: [S. l.: s. n.], [2024]. p. 207–237.

SMITH, P. Adding software engineering emphasis to an ECE curriculum. In: *American Society for Engineering Education*. [S. l.], 2016.

SUSURUTH NARAYANA SAKER, V. Navigating agile transformation in information technology projects: overcoming challenges and implementing effective strategies for

organizational success. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, [s. l.], v. 12, n. 12, p. 752–756, 2023.

TRUMBACH, C. C.; WALSH, K. R.; MAHESH, S. A historical and bibliometric analysis of the development of Agile. In: *Research Anthology on Agile Software, Software Development, and Testing*. [S. l.]: IGI Global, 2022. p. 107–121.

UGHETTO, P. Le développement agile, une histoire d’informaticiens. *Réseaux*, [s. l.], n. 243, p. 185–225, 2024.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Visualizing bibliometric networks. In: DING, Y.; ROUSSEAU, R.; WOLFRAM, D. *Measuring Scholarly Impact*. Cham: Springer, 2014. p. 285–320. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

VERRET, J. *Implementing Agile Methodology: Challenges and Best Practices*. Eugene: University of Oregon, 2018.

VILCHEZ-SANDOVAL, J.; VASQUEZ-PARAGULLA, J.; LLULLUY-NUNEZ, D. On the use of agile methodologies to redesign a networks and data communications course. In: *2020 IEEE World Conference on Engineering Education (EDUNINE)*. [S. l.]: IEEE, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9149550/>. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

WALTMAN, L.; VAN ECK, N. J. A new methodology for constructing a publication-level classification system of science. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, [s. l.], v. 63, n. 12, p. 2378–2392, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/asi.22748>. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

WHITELEY, A.; POLLACK, J.; MATOUS, P. The origins of agile and iterative methods. *Journal of Modern Project Management*, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 21–29, 2021.

ZAVERI, A. A. et al. Evolution of requirements engineering in agile methodology: literature review. *Journal of Engineering Technology and Applied Physics*, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 57–65, 2024. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

ZEZIN, D. Modern open source IC design tools for electronics engineer education. In: *2022 VI International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)*.

[S. l.]: IEEE, 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9782983/>. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

ZHEN, Z. Research and practice of agile software development methods. *Applied and Computational Engineering*, [s. l.], v. 114, n. 1, p. 186–190, 2024. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

ZUMBA, J. P. Evolución de las metodologías y modelos utilizados en el desarrollo de software. *INNOVA Research Journal*, [s. l.], v. 3, n. 10, p. 20–33, 2018. Acesso em: 09 de outubro de 2025.

APÊNDICES

Todos os quadros inseridos nessa seção foram retirados do banco de dados do software Bibliometrix utilizado para a avaliação bibliométrica deste trabalho.

1- Quadro da produção anual de artigos inseridos neste estudo

Ano	Artigos
2003	2
2004	7
2005	3
2006	3
2007	0
2008	1
2009	1
2010	7
2011	3
2012	8

2- Quadro da frequência de produção dos principais países de artigos inseridos neste estudo

País	Frequência
USA	71
UKRAINE	3
UK	18
TURKEY	9
THAILAND	4
SWITZERLAND	3
SWEDEN	29
SPAIN	31

País	Frequência
SOUTH KOREA	2
SOUTH AFRICA	2

3- Quadro utilizado para a avaliação da Lei de Bradford

Periódico	Rank	Freq	Zona
JOURNAL OF SYSTEMS AND SOFTWARE	1	17	Zone 1
INFORMATION AND SOFTWARE TECHNOLOGY	2	14	Zone 1
IEEE ACCESS	3	9	Zone 1
EMPIRICAL SOFTWARE ENGINEERING	4	7	Zone 1
JOURNAL OF SOFTWARE-EVOLUTION AND PROCESS	5	7	Zone 1
IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION	6	6	Zone 1
INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED COMPUTER SCIENCE AND APPLICATIONS	7	6	Zone 2
INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION	8	6	Zone 2
IET SOFTWARE	9	5	Zone 2
EXTREME PROGRAMMING AND AGILE PROCESSES IN SOFTWARE ENGINEERING, PROCEEDINGS	10	4	Zone 2
IEEE REVISTA IBEROAMERICANA DE TECNOLOGIAS DEL APRENDIZAJE-IEEE RITA	11	3	Zone 2
SOFTWARE-PRACTICE \& EXPERIENCE	12	3	Zone 2
APPLIED SCIENCES-BASEL	13	2	Zone 2
ELECTRONICS	14	2	Zone 2
EXTREME PROGRAMMING AND AGILE METHODS - XP/AGILE UNIVERSE 2003	15	2	Zone 2
IEEE TRANSACTIONS ON SOFTWARE ENGINEERING	16	2	Zone 2
INTERNATIONAL JOURNAL OF MEDICAL INFORMATICS	17	2	Zone 2
INTERNATIONAL JOURNAL OF SOFTWARE ENGINEERING AND KNOWLEDGE ENGINEERING	18	2	Zone 2
JOURNAL OF INFORMATION TECHNOLOGY EDUCATION-INNOVATIONS IN PRACTICE	19	2	Zone 2
JOURNAL OF SYSTEMS ARCHITECTURE	20	2	Zone 2
MULTIMEDIA TOOLS AND APPLICATIONS	21	2	Zone 2
PRODUCT FOCUSED SOFTWARE PROCESS IMPROVEMENT, PROCEEDINGS	22	2	Zone 2

Periódico	Rank	Freq	Zona
SENSORS	23	2	Zone 2
ACM COMPUTING SURVEYS	24	1	Zone 2
ACM TRANSACTIONS ON COMPUTING EDUCATION	25	1	Zone 2
ADVANCES IN OCCUPATIONAL, SOCIAL, AND ORGANIZATIONAL ERGONOMICS	26	1	Zone 2
AFRICAN JOURNAL OF SCIENCE TECHNOLOGY INNOVATION \& DEVELOPMENT	27	1	Zone 2
AGILITY ACROSS TIME AND SPACE: IMPLEMENTING AGILE METHODS IN GLOBAL SOFTWARE PROJECTS	28	1	Zone 2
APPLIED COMPUTER SYSTEMS	29	1	Zone 2
ARABIAN JOURNAL FOR SCIENCE AND ENGINEERING	30	1	Zone 2
ASIA PACIFIC MANAGEMENT REVIEW	31	1	Zone 3
BLOCKCHAIN-RESEARCH AND APPLICATIONS	32	1	Zone 3
BUSINESS \& INFORMATION SYSTEMS ENGINEERING	33	1	Zone 3
BUSINESS INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY 4.0: NEW TRENDS IN THE AGE OF DIGITAL CHANGE	34	1	Zone 3
BUSINESS INTELLIGENCE AND AGILE METHODOLOGIES FOR KNOWLEDGE-BASED ORGANIZATIONS: CROSS-DISCIPLINARY APPLICATIONS	35	1	Zone 3
COMMUNICATIONS OF THE ASSOCIATION FOR INFORMATION SYSTEMS	36	1	Zone 3
COMPUTATION	37	1	Zone 3
COMPUTER APPLICATIONS IN ENGINEERING EDUCATION	38	1	Zone 3
COMPUTER LANGUAGES SYSTEMS \& STRUCTURES	39	1	Zone 3
COMPUTER SCIENCE REVIEW	40	1	Zone 3
COMPUTER STANDARDS \& INTERFACES	41	1	Zone 3
COMPUTER SYSTEMS SCIENCE AND ENGINEERING	42	1	Zone 3
COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR	43	1	Zone 3
E-INFORMATICA SOFTWARE ENGINEERING JOURNAL	44	1	Zone 3
EXTREME PROGRAMMING AND AGILE METHODS - XP/ AGILE UNIVERSE 2004, PROCEEDINGS	45	1	Zone 3
FRONTIERS IN BLOCKCHAIN	46	1	Zone 3
FRONTIERS IN COMPUTER SCIENCE	47	1	Zone 3
FUTURE INTERNET	48	1	Zone 3
HORIZONS IN COMPUTER SCIENCE RESEARCH, VOL 1	49	1	Zone 3

Periódico	Rank	Freq	Zona
IADIS-INTERNATIONAL JOURNAL ON COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION SYSTEMS	50	1	Zone 3
IBM JOURNAL OF RESEARCH AND DEVELOPMENT	51	1	Zone 3
IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS	52	1	Zone 3
IEEE SOFTWARE	53	1	Zone 3
IEEE TRANSACTIONS ON GAMES	54	1	Zone 3
IEEE TRANSACTIONS ON LEARNING TECHNOLOGIES	55	1	Zone 3
IEICE TRANSACTIONS ON INFORMATION AND SYSTEMS	56	1	Zone 3
INFORMATICS-BASEL	57	1	Zone 3
INFORMATICS IN EDUCATION	58	1	Zone 3
INFORMATION	59	1	Zone 3
INFORMATION AND COMPUTER SECURITY	60	1	Zone 3
INFORMATION TECHNOLOGIES AND LEARNING TOOLS	61	1	Zone 3
INNOVACION EDUCATIVA-MEXICO	62	1	Zone 3
INTEGRATING USER-CENTRED DESIGN IN AGILE DEVELOPMENT	63	1	Zone 3
INTELLIGENT AUTOMATION AND SOFT COMPUTING	64	1	Zone 3
INTERACTIVE LEARNING ENVIRONMENTS	65	1	Zone 3
INTERNATIONAL ARAB JOURNAL OF INFORMATION TECHNOLOGY	66	1	Zone 3
INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE	67	1	Zone 3
INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY EDUCATION	68	1	Zone 3
INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS APPROACH	69	1	Zone 3
INTERNATIONAL TRANSACTION JOURNAL OF ENGINEERING MANAGEMENT \& APPLIED SCIENCES \& TECHNOLOGIES	70	1	Zone 3
JAMIA OPEN	71	1	Zone 3
JASSS-THE JOURNAL OF ARTIFICIAL SOCIETIES AND SOCIAL SIMULATION	72	1	Zone 3
JOURNAL OF AMBIENT INTELLIGENCE AND HUMANIZED COMPUTING	73	1	Zone 3
JOURNAL OF CASES ON INFORMATION TECHNOLOGY	74	1	Zone 3
JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE \& TECHNOLOGY	75	1	Zone 3
JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH	76	1	Zone 3
JOURNAL OF INFORMATION TECHNOLOGY EDUCATION-RESEARCH	77	1	Zone 3

Periódico	Rank	Freq	Zona
JOURNAL OF ORGANIZATIONAL AND END USER COMPUTING	78	1	Zone 3
JOURNAL OF SUPERCOMPUTING	79	1	Zone 3
MATHEMATICS	80	1	Zone 3
PRODUCT FOCUSED SOFTWARE PROCESS IMPROVEMENT	81	1	Zone 3
QUALITY-ACCESS TO SUCCESS	82	1	Zone 3
REVISTA CIENTIFICA	83	1	Zone 3
REVISTA FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA	84	1	Zone 3
SOFTWARE AND SYSTEMS MODELING	85	1	Zone 3
SUSTAINABILITY	86	1	Zone 3
SYSTEMS ANALYSIS AND DESIGN: TECHNIQUES, METHODOLOGIES, APPROACHES, AND ARCHITECTURES	87	1	Zone 3

4- Quadro dos autores mais relevantes dos artigos inseridos neste estudo

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
DINGSOYR T	5	1,73
MAHNIC V	5	4,00
HAZZAN O	4	1,75
HODA R	4	1,25
HOVELJA T	4	1,75
RODRIGUEZ G	4	0,98
ASGHAR AR	3	0,65
BHATTI SN	3	0,65
COBOS-LOZADA CA	3	0,92
CONBOY K	3	0,87
MOE NB	3	0,87
MUNOZ M	3	0,75
SCOTT E	3	0,90

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
SORIA A	3	0,73
TABASSUM A	3	0,65
TONELLI R	3	0,67
AGUILETA AA	2	0,64
AHMAD MO	2	1,20
ALMEIDA F	2	0,75
BUDIARDJO EK	2	0,53
CAMPO	2	0,40
CAMPO M	2	0,83
DUBINSKY Y	2	0,75
DYBA T	2	0,83
GOMEZ OS	2	0,64
GORSCHKE T	2	0,67
ITKONEN J	2	0,67
LASSENUS C	2	0,83
LOPEZ-FERNANDEZ D	2	0,75
LUNESU MI	2	0,37
MARCELO M	2	0,40
MARCHESI	2	0,33
MARCHESI M	2	0,53
MAYOR J	2	0,75
MEDEIROS DB	2	0,45
MICHELE M	2	0,33
ORDONEZ-ERAZO HA	2	0,67
PASTRANA-PARDO MA	2	0,67
PETERSEN K	2	0,67
PINNA A	2	0,33
PURWANDARI B	2	0,53
SINGH J	2	0,67

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
WAUTELET Y	2	0,45
WILLIAMS L	2	0,83
AB HAMID SH	1	0,25
ABBAS R	1	0,20
ABD ELGHANY AS	1	0,33
ABD-ELLATIF L	1	0,20
ABID MA	1	0,25
ABRAHAMSSON P	1	0,50
ABUL HASAN M	1	0,17
ACUNA ST	1	0,20
ADOLPH S	1	0,33
ADVAIT A	1	0,17
AGAH A	1	0,50
AGUILAR RA	1	0,14
AHMAD F	1	0,14
AHMED S	1	0,14
AHMED Z	1	0,14
AKBAR MA	1	0,17
AL-BAIK O	1	0,50
AL-ZAIDI A	1	0,50
ALAHYARI H	1	0,25
ALAM I	1	0,20
ALAMI A	1	0,50
ALATAWI MN	1	1,00
ALAVANDHAR JV	1	0,50
ALCOCER	1	0,14
ALEC A	1	0,02
ALI S	1	0,25
ALLY AK	1	0,17

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
ALMEIDA H	1	0,11
ALPEROWITZ L	1	0,33
ALRABIAHA HA	1	0,50
ALRABIE W	1	0,33
ALSALMAN FA	1	0,50
ALSULAMI M	1	0,33
ALVAREZ A	1	0,25
ALZOABI Z	1	1,00
AMOR R	1	0,33
AMUAH TL	1	0,14
ANGEBY K	1	0,13
ANGELOV S	1	0,50
ANH NGUYEN-DUC AND	1	0,25
ARAUJO WDS	1	0,20
ARDITO C	1	0,25
ARSHAD A	1	0,20
ARTEAGA J	1	0,17
ASCENCAO C	1	0,25
ASHQAR	1	0,13
AVILA DT	1	0,33
AVORNICULUI SM	1	0,33
BACK RJ	1	0,33
BAGHERI E	1	0,33
BAKKE C	1	0,50
BALDASSARRE MT	1	0,25
BALIJEPAALLY VG	1	0,20
BARALLA G	1	0,17
BARCELOS BICA DA	1	0,50
BARRIOS WG	1	0,17

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
BARROCA L	1	0,17
BASS JM	1	0,50
BAXTER AL	1	0,02
BEHUTIYE W	1	0,33
BENJAMIN B	1	0,10
BENZVI SY	1	0,02
BERLOWSKI J	1	0,20
BHASI M	1	0,25
BIN ALI N	1	0,33
BLINCOE K	1	0,33
BONIVENTO W	1	0,02
BOONKWAN P	1	0,25
BOROSUND	1	0,13
BORREGO G	1	0,25
BORUCKI A	1	0,50
BOWERS R	1	0,17
BRACHT CJ	1	0,17
BRAZIER A	1	0,02
BRENNAN A	1	0,17
BRUEGGE B	1	0,33
BUHNOVA B	1	0,25
BULA MZ	1	0,14
BUNSE C	1	0,33
BURDEN H	1	0,25
CAIVANO D	1	0,25
CANEDO ED	1	0,50
CANO SP	1	0,17
CARNEIRO P	1	0,50
CASTILLO-SALINAS L	1	0,20

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
CASTRO JW	1	0,20
CAWLEY O	1	0,33
CELIKKAN U	1	0,50
CENTELLAS L	1	0,14
CHAKROBORTI D	1	0,25
CHANG HF	1	0,50
CHEN CH	1	0,50
CHEN CS	1	0,33
CHEN CY	1	0,33
CHENG P	1	0,10
CHORAS M	1	0,13
CHRUSCIEL P	1	0,20
CHUPRAT S	1	0,33
CHURCHER N	1	0,33
CHYAD SA	1	0,50
CIANCARINI P	1	0,20
CICO O	1	0,25
CINCO RRP	1	0,25
CLARK M	1	0,02
CLEARY K	1	0,10
COLEIRO A	1	0,02
COLETI TA	1	0,25
COLLAZOS CA	1	0,17
COLLOM D	1	0,02
COLOMER-MOLLA M	1	0,02
COLOMO-PALACIOS R	1	0,20
CONCAS G	1	0,20
CORTES-VERDIN K	1	0,14
COSKUNCAY A	1	0,25

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
COSTA A	1	0,11
COUSINS B	1	0,02
CUNHA F	1	0,11
CUNNINGHAM L	1	0,33
DA COSTA CASTRO OC	1	0,25
DA SILVA ESTACIO BJ	1	0,20
DADA OA	1	0,50
DALE T	1	0,33
DARWEESH DA	1	0,13
DARWISH OA	1	0,13
DARWISH Y	1	0,13
DAVID GARCIA G	1	0,25
DE BEER P	1	0,50
DE MATOS AV	1	0,25
DE SOUSA NETO A	1	0,11
DEMIRORS O	1	0,25
DENNEHY D	1	0,20
DENTON LF	1	0,20
DESHPANDE	1	0,17
DEVEDZIC V	1	0,50
DHINDSA KS	1	0,33
DIEZ D	1	0,20
DONG J	1	0,25
DORNIC D	1	0,02
DOS SANTOS NETO PDA	1	0,20
DRURY M	1	0,33
DUHA MSU	1	0,14
DÖRR J	1	0,33
EKIMTCOV V	1	0,02

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
EL-KHALILI NH	1	1,00
ELGAZZAR	1	0,20
ELIN E	1	0,13
ELSAYED S	1	0,02
ENQUOBAHRIE A	1	0,10
ENSMINGER D	1	0,20
ERICK B. EB	1	0,20
ESCALONA MJ	1	0,20
ESTEBAN G	1	0,20
EVA AMDAHL EA	1	0,20
FAEGRI TE	1	0,20
FAHMIDEH M	1	0,17
FARID AB	1	0,33
FATIMA A	1	0,14
FATIMA N	1	0,33
FAZAL B	1	0,14
FELDMANN RL	1	0,33
FELDT R	1	0,33
FENWICK JB	1	1,00
FERNANDEZ C	1	0,20
FERNANDEZ MG	1	0,17
FERRE X	1	0,20
FERREIRA FM	1	0,17
FERREIRA VG	1	0,50
FIGUEIREDO D	1	0,17
FITZGERALD B	1	0,50
FORMAN N	1	0,33
FORZA C	1	0,20
FRANCH X	1	0,13

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
FRIES	1	0,17
FRITSCH L	1	0,13
FROESETH J	1	0,20
GARCIA-CRESPO A	1	0,20
GAROUSI V	1	0,25
GARY K	1	0,10
GASCA-HURTADO GP	1	0,25
GASEVIC D	1	0,33
GASPARINI I	1	0,25
GEORGE B	1	0,50
GERMAIN	1	0,50
GHALWASH A	1	0,20
GHANI I	1	0,17
GHAZALI SNH	1	0,25
GHAZISAEEDI M	1	0,14
GHEORGE M	1	0,33
GIANCARLO R	1	0,20
GLAZUNOVA OH	1	0,20
GODOY MV	1	0,17
GODWIN P	1	0,02
GOMEZ-ALVAREZ	1	0,25
GONCALVES J	1	0,25
GONZALEZ CS	1	0,17
GONZALEZ LA	1	0,14
GONZALEZ-CARRASCO I	1	0,20
GORDILLO A	1	0,25
GOUVEA DA SILVA CA	1	0,50
GRACA P	1	0,17
GRECHENIG T	1	0,20

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
GREGORY P	1	0,17
GRIMAUDO G	1	0,20
GRISWOLD S	1	0,02
GROHER I	1	0,33
GRUNDY J	1	0,25
GUERRERO-ULLOA G	1	0,25
GUNCAN D	1	0,50
HABIG	1	0,02
HAFAEEZ Y	1	0,25
HALL W	1	0,33
HANEBERG D	1	0,25
HARVIE DP	1	0,50
HASHEELA-MUFETI VT	1	0,33
HEIDENREICH J	1	0,10
HELMY YM	1	0,33
HENG S	1	0,25
HERRERA IZAGUIRRE JA	1	0,25
HEWITT S	1	0,17
HIDAYATI A	1	0,33
HILL R	1	0,02
HOLCOMBE M	1	0,33
HOLTEN R	1	0,33
HONGYU H	1	0,20
HORIUCHI S	1	0,02
HORNOS	1	0,25
HOWELL DA	1	0,02
HUMMEL M	1	0,33
HUSARI G	1	0,13
HUTHAIFA H	1	0,13

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
HVAM L	1	0,20
IBANEZ L	1	0,10
IBBA S	1	0,17
IBIAPINA I	1	0,25
IMRAN M	1	0,25
INAYAT I	1	0,25
IRWIN W	1	0,33
ISOMURSU M	1	0,33
ISSA LB	1	0,13
IWAYA LH	1	0,13
JACCHERI L	1	0,25
JACOBSON I	1	0,25
JAISWAL A	1	0,14
JAN J	1	0,20
JAWAWI DNA	1	0,17
JENNIFER C. JC	1	0,14
JOHANSSON M	1	0,13
JOHNSON K	1	0,17
JOHNSON MWG	1	0,02
JORGE J	1	0,20
JOST J	1	0,02
JUAN P. JP	1	0,14
JUAN PABLO SANDOVAL JPS	1	0,14
JURECZKO M	1	0,20
K. K	1	0,25
KAPITSAKI GM	1	1,00
KAPUR PK	1	0,20
KASPRZYK M	1	0,20
KASURINEN J	1	0,33

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
KAZMI R	1	0,17
KELLY D	1	1,00
KEMCZINSKI A	1	0,25
KEREN A	1	0,25
KERR B	1	0,25
KHAN AA	1	0,17
KHAN JA	1	0,17
KHURUM M	1	0,33
KIANI AA	1	0,25
KIV S	1	0,25
KLAAS-JAN KJ	1	0,20
KNELLER JP	1	0,02
KOKOORI S	1	0,10
KOLLAMANA JM	1	0,50
KOLP M	1	0,25
KONANIEC I	1	0,20
KOPEC A	1	0,02
KOPPER C	1	0,02
KOROLCHUK	1	0,20
KOZIK R	1	0,13
KRANCHER O	1	0,50
KRUCHTEN P	1	0,33
KRUSCHE S	1	0,33
KUKREJA V	1	0,33
KULIKOVSKIY V	1	0,02
KUMAR D	1	0,50
KUMAR M	1	0,33
KUPIAINEN E	1	0,33
LALITHA R	1	0,50

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
LALLAI G	1	0,17
LAMOUREUX M	1	0,02
LANG RF	1	0,02
LANZILOTTI R	1	0,25
LAPORTE CY	1	0,33
LAYMAN L	1	0,33
LEE SUJ	1	0,50
LEE WT	1	0,50
LEHTINEN TOA	1	0,33
LI S	1	0,02
LIEW TW	1	0,14
LINCETTO M	1	0,02
LINDSTROM L	1	0,02
LINK J	1	0,25
LINVILL MW	1	0,02
LOPEZ L	1	0,13
LOPEZ MENDOZA A	1	0,25
LOPEZ-CUADRADO J	1	0,20
LOSANA P	1	0,20
LOVELESS JM	1	0,17
LUIS L	1	0,20
LUTHER J	1	0,17
M. M	1	0,20
MAGANA AJ	1	0,14
MAJUMDAR	1	0,20
MALPOHL G	1	0,25
MANTYLA MV	1	0,33
MANZOOR I	1	0,20
MARCHESI L	1	0,33

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
MARIA C. MC	1	0,25
MARINO SI	1	0,17
MARKELJ B	1	0,25
MARKKU M	1	0,20
MARSHALL S	1	0,33
MARTINEZ-FERNANDEZ S	1	0,13
MASOOD Z	1	0,33
MASOUMI-ASL H	1	0,14
MATTHEWS KB	1	0,50
MAZAK-HUEMER A	1	0,33
MCCULLY C	1	0,02
MCKINNEY D	1	0,20
MEDINA-MEDINA N	1	0,50
MEDING W	1	0,33
MEHROTRA D	1	0,20
MEJIA J	1	0,33
MEJIAS	1	0,20
MELANIE M	1	0,17
MENDES E	1	0,50
MENDLING	1	0,20
MENDOZA M	1	0,14
METROLHO J	1	0,17
MICHAELIDES G	1	0,33
MIGENDA	1	0,02
MIGUEL J. MJ	1	0,25
MIHELIC A	1	0,25
MILENKOVIC SR	1	0,50
MILISAVLJEVIC D	1	0,02
MILLER J	1	0,50

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
MILOVANOV L	1	0,33
MIRNIA K	1	0,14
MISSIROLI M	1	0,20
MOE	1	0,20
MOHAMED M	1	0,20
MOHAMMAD A	1	0,50
MORANDINI M	1	0,25
MORILLO-PUENTE S	1	0,25
MOURATO A	1	0,17
MOYANO CG	1	0,20
MOYO D	1	0,17
MUFFIH	1	0,10
MUHAMMAD AH	1	0,17
MÜLLER MM	1	0,25
NADEEM MA	1	0,50
NATH SS	1	0,25
NAVEED QN	1	0,17
NAZIR S	1	0,33
NELSON S	1	0,02
NERUR S	1	0,20
NETO PS	1	0,25
NEYEM A	1	0,14
NICOLAU DE FRANCA BB	1	0,33
NIKIFOROVA O	1	0,50
NILS BREDE NB	1	0,20
NOBLE J	1	0,33
NORDIN A	1	0,13
NORMAN P	1	0,17
NOURELDIN M	1	0,20

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
NOVOSELTSEVA R	1	0,02
O'SULLIVAN E	1	0,02
OIVO	1	0,20
OLIVEIRA JR E	1	0,25
ONAY DURDU P	1	0,50
ORDONEZ H	1	0,25
ORELLANA AD	1	0,02
PACHOLSKI L	1	0,50
PARDO CALVACHE CJ	1	0,25
PAREDES C	1	0,14
PARKHOMENKO O	1	0,20
PASSOS	1	0,20
PASTRANA M	1	0,25
PENG P	1	0,17
PEREZ J	1	0,25
PEREZ-MARTINEZ JE	1	0,50
PERKUSICH A	1	0,11
PERKUSICH M	1	0,11
PERNSTAL J	1	0,33
PETRAVICK D	1	0,02
PIZZIGATTI CORREA PL	1	0,25
POINTON BW	1	0,02
PORRES I	1	0,33
POST AR	1	0,17
POWER K	1	0,33
POZENEL M	1	0,50
PRIKLADNICKI	1	0,20
PUFAHL L	1	0,20
PURSHOUSE RC	1	0,17

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
QURESHI R	1	0,50
RAFAEL R	1	0,20
RAHARJO T	1	0,20
RAHY S	1	0,50
RAJ N	1	0,02
RALPH P	1	0,20
RAM P	1	0,13
RAMOS F	1	0,11
RANA R	1	0,20
REEVES M	1	0,50
RENSHAW A	1	0,02
REZAEI-HACHESU P	1	0,14
RIBEIRO F	1	0,17
RICHARDSON	1	0,14
RINA R	1	0,20
RIZVI B	1	0,33
ROBERTSON J	1	0,20
ROBILLARD PN	1	0,50
RODRIGUEZ FJ	1	0,25
RODRIGUEZ LF	1	0,25
RODRIGUEZ P	1	0,13
RODRIGUEZ-DOMINGUEZ C	1	0,25
RODRIGUEZ-LERA FJ	1	0,20
RODRIGUEZ-SEDANO F	1	0,20
ROQUE HERNANDEZ RV	1	0,25
ROSENKRANZ C	1	0,33
ROSE RO RH	1	0,14
ROSSO AG	1	0,02
ROY CK	1	0,25

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
RUMLESKIE J	1	0,02
SADUN C	1	1,00
SAEEDA H	1	0,25
SAFDARI R	1	0,14
SAHIN YG	1	0,50
SAKAI R	1	0,50
SALEEM U	1	0,17
SALIDO OMG	1	0,25
SALIM SS	1	0,25
SALINAS ESCANDON JM	1	0,25
SALLEH N	1	0,25
SALO O	1	0,50
SAMAD-SOLTANI T	1	0,14
SANCHEZ-GORDON M	1	0,20
SANCHEZ-GORDON S	1	0,20
SAND R	1	0,25
SANDRIN E	1	0,20
SANGAL AL	1	0,50
SANTOS RDS	1	0,20
SANUSI IT	1	0,50
SCHNEIDER KA	1	0,25
SCIMMA COLLABORATION SCMMAC	1	0,02
SEDENO J	1	0,20
SEIM	1	0,20
SHAFIEE S	1	0,20
SHAH SAA	1	0,25
SHAHEEN A	1	0,14
SHAHZAD B	1	0,17

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
SHARMA P	1	0,50
SHARMA S	1	0,50
SHARP H	1	0,17
SHASTRI Y	1	0,33
SHIRAZI MS	1	0,50
SIDDIQUE A	1	0,17
SIERRA-ALONSO A	1	0,50
SILVA L	1	0,11
SINGH A	1	0,33
SJOBERG DIK	1	0,33
SNEWS COLLABORATION SNEWSC	1	0,02
SNOECK M	1	0,33
SODERQVIST B	1	0,33
SONLEY T	1	0,02
SPRINGER T	1	0,13
SREELEKHA P	1	0,50
SRIHARI M	1	0,17
SRIVASTAVA A	1	0,20
STARON M	1	0,33
STEGHOFFER JP	1	0,25
STOL	1	0,20
STOL KJ	1	0,50
STRAY V	1	0,33
STRONG M	1	0,17
SUFI FK	1	0,33
SULTAN Z	1	0,20
SUNDARARAJAN S	1	0,25
SUPNITHI T	1	0,25

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
SUTHERLAND J	1	0,25
SYED-ABDULLAH S	1	0,33
TAKHOM A	1	0,25
TALBY D	1	0,25
TAN TA	1	0,33
TANNER MC	1	0,50
TAPIA R	1	0,02
TASHTOUSH YM	1	0,13
TAYLOR K	1	0,17
TEE HM	1	0,25
TEIXEIRA H	1	0,25
TELESKO R	1	1,00
TERRENCE T	1	0,17
THIO VS	1	0,17
THOMSON C	1	0,33
TOMAYKO J	1	0,50
TOMAYKOZ J	1	0,50
TORRECILLA-SALINAS CJ	1	0,20
TRIPATHI N	1	0,33
TSAI WL	1	0,33
TSENG JCL	1	0,02
TUAPE M	1	0,33
TUNNELL CD	1	0,02
UCAN	1	0,14
UDVAROS J	1	0,33
USANAVASIN S	1	0,25
VALADARES D	1	0,11
VALENTYNA V	1	0,20
VALLON R	1	0,20

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
VAN PETEGEM W	1	0,33
VANNOYE G	1	0,02
VARSI C	1	0,13
VICENTE AJ	1	0,33
VIERHAUSER M	1	0,33
VIGORITO CF	1	0,02
VIJAYARAGHAVAN P	1	0,25
VILARINHO H	1	0,17
VILLALBA-MORA E	1	0,20
VILLARROEL-RAMOS	1	0,20
VIRTUE CJ	1	0,02
VISHNUBHOTLA SD	1	0,50
VOLOSHYNA TV	1	0,20
VRHOVEC S	1	0,25
WANG X	1	0,33
WANG Y	1	0,25
WARD	1	0,17
WEAVER C	1	0,02
WEBER I	1	0,20
WEIL KE	1	0,02
WINSLOW L	1	0,02
WOLSKI R	1	0,02
WOOD S	1	0,33
WOODWARD EV	1	0,17
XIA TC	1	0,20
XU XJ	1	0,02
XU Y	1	0,02
YAGHOUBI S	1	0,14
YANIV Z	1	0,10

Autores	Artigos	Artigos Fracionalizados
YAZICI A	1	0,25
YOUNAS M	1	0,17
YU AR	1	0,33
YUNIARTI	1	0,20
ZAPATA S	1	0,17
ZARRABEITIA CT	1	0,17
ZHANG	1	0,20
ZHANG H	1	0,25
ZHOU	1	0,17
ZHU JH	1	0,50

5- Quadro contendo as frequências de colaborações entre países para a produção dos artigos inseridos neste estudo

From	To	Frequency
ARGENTINA	ESTONIA	25,54248537
ARGENTINA	MEXICO	-102,5234517
AUSTRALIA	MALAYSIA	109,6976228
BELGIUM	CHILE	-71,38256213
BELGIUM	CUBA	-79,01605384
BELGIUM	DENMARK	10,02800992
BELGIUM	FRANCE	-2,761729445
BELGIUM	RUSSIA	96,68656112
BRAZIL	ARGENTINA	-65,17980693
BRAZIL	AUSTRIA	14,1264761
CANADA	BELGIUM	4,640651139
CANADA	CHILE	-71,38256213
CANADA	FRANCE	-2,761729445
CANADA	IRELAND	-8,137935687
CANADA	MEXICO	-102,5234517

From	To	Frequency
CANADA	RUSSIA	96,68656112
CANADA	UNITED KINGDOM	-2,865631641
CHILE	FRANCE	-2,761729445
CHILE	RUSSIA	96,68656112
CHINA	AUSTRALIA	134,4910001
CHINA	MALAYSIA	109,6976228
COLOMBIA	ARGENTINA	-65,17980693
COLOMBIA	MEXICO	-102,5234517
FINLAND	AUSTRALIA	134,4910001
FINLAND	CHINA	103,8190735
FINLAND	GERMANY	10,38578051
FINLAND	IRELAND	-8,137935687
FINLAND	NAMIBIA	17,20963567
FINLAND	NIGERIA	8,089438948
FINLAND	POLAND	19,39012835
FINLAND	UNITED KINGDOM	-2,865631641
FRANCE	RUSSIA	96,68656112
GERMANY	POLAND	19,39012835
INDIA	UNITED KINGDOM	-2,865631641
IRELAND	AUSTRALIA	134,4910001
ITALY	AUSTRALIA	134,4910001
ITALY	BELGIUM	4,640651139
ITALY	CANADA	-98,30777028
ITALY	CHILE	-71,38256213
ITALY	CHINA	103,8190735
ITALY	DENMARK	10,02800992

From	To	Frequency
ITALY	FRANCE	-2,761729445
ITALY	IRELAND	-8,137935687
ITALY	RUSSIA	96,68656112
ITALY	UNITED KINGDOM	-2,865631641
MALTA	LATVIA	24,91235983
MEXICO	ECUADOR	-78,75201923
NEW ZEALAND	AUSTRALIA	134,4910001
NEW ZEALAND	MALAYSIA	109,6976228
NORWAY	CANADA	-98,30777028
NORWAY	CHINA	103,8190735
NORWAY	ECUADOR	-78,75201923
NORWAY	FINLAND	26,2746656
NORWAY	IRELAND	-8,137935687
NORWAY	SWEDEN	16,74558049
PAKISTAN	CHINA	103,8190735
PAKISTAN	MALAYSIA	109,6976228
PAKISTAN	SAUDI ARABIA	44,53686271
PAKISTAN	UNITED KINGDOM	-2,865631641
SAUDI ARABIA	AUSTRALIA	134,4910001
SPAIN	ARGENTINA	-65,17980693
SPAIN	BELGIUM	4,640651139
SPAIN	CANADA	-98,30777028
SPAIN	CHILE	-71,38256213
SPAIN	COLOMBIA	-73,08114582
SPAIN	ECUADOR	-78,75201923
SPAIN	FINLAND	26,2746656
SPAIN	FRANCE	-2,761729445

From	To	Frequency
SPAIN	GERMANY	10,38578051
SPAIN	ITALY	12,07001339
SPAIN	MEXICO	-102,5234517
SPAIN	PAKISTAN	69,33957937
SPAIN	POLAND	19,39012835
SPAIN	RUSSIA	96,68656112
SPAIN	SWEDEN	16,74558049
SPAIN	UNITED KINGDOM	-2,865631641
SWEDEN	BELGIUM	4,640651139
SWEDEN	BRAZIL	-53,09783113
SWEDEN	CANADA	-98,30777028
SWEDEN	CHILE	-71,38256213
SWEDEN	CZECH REPUBLIC	15,31240163
SWEDEN	FRANCE	-2,761729445
SWEDEN	GERMANY	10,38578051
SWEDEN	ITALY	12,07001339
SWEDEN	RUSSIA	96,68656112
SWEDEN	SWITZERLAND	8,208674706
SWEDEN	UNITED KINGDOM	-2,865631641
SWITZERLAND	CZECH REPUBLIC	15,31240163
UNITED KINGDOM	AUSTRALIA	134,4910001
UNITED KINGDOM	BELGIUM	4,640651139
UNITED KINGDOM	CHILE	-71,38256213

From	To	Frequency
UNITED KINGDOM	CHINA	103,8190735
UNITED KINGDOM	CZECH REPUBLIC	15,31240163
UNITED KINGDOM	FRANCE	-2,761729445
UNITED KINGDOM	MALAYSIA	109,6976228
UNITED KINGDOM	RUSSIA	96,68656112
UNITED KINGDOM	SWITZERLAND	8,208674706
USA	AUSTRALIA	134,4910001
USA	AUSTRIA	14,1264761
USA	BELGIUM	4,640651139
USA	BRAZIL	-53,09783113
USA	CANADA	-98,30777028
USA	CHILE	-71,38256213
USA	COLOMBIA	-73,08114582
USA	CZECH REPUBLIC	15,31240163
USA	FRANCE	-2,761729445
USA	GERMANY	10,38578051
USA	INDIA	79,6119761
USA	IRELAND	-8,137935687
USA	ISRAEL	35,00444693
USA	ITALY	12,07001339
USA	JORDAN	36,77136104
USA	MALAYSIA	109,6976228
USA	NORWAY	15,34834656

From	To	Frequency
USA	PAKISTAN	69,33957937
USA	RUSSIA	96,68656112
USA	SPAIN	-3,647550473
USA	SWEDEN	16,74558049
USA	SWITZERLAND	8,208674706
USA	UNITED KINGDOM	-2,865631641

6- Quadro contendo as frequências de colaborações entre autores para a produção dos artigos inseridos neste estudo

Node	Cluster	Betweenness	Closeness	PageRank
dingsoyr t	1	4	0,2	0,042
moe nb	1	0	0,143	0,025
dyba t	1	0	0,143	0,025
itkonen j	1	0	0,111	0,013
lassenius c	1	3	0,167	0,022
cobos-lozada ca	2	2	0,333	0,036
munoz m	2	0	0,2	0,01
ordonez-erazo ha	2	0	0,25	0,028
pastrana-pardo ma	2	0	0,25	0,028
tonelli r	3	2	0,2	0,033
lunesu mi	3	1	0,2	0,023
marchesi	3	0	0,167	0,029
marchesi m	3	0	0,125	0,011
michele m	3	0	0,167	0,029
pinna a	3	0	0,167	0,029
hazzan o	4	0	1	0,026
dubinsky y	4	0	1	0,026
mahnic v	5	0	1	0,026

Node	Cluster	Betweenness	Closeness	PageRank
hovelja t	5	0	1	0,026
budiardjo ek	6	0	1	0,026
purwandari b	6	0	1	0,026
lopez-fernandez d	7	0	1	0,026
mayor j	7	0	1	0,026
aguileta aa	8	0	1	0,026
gomez os	8	0	1	0,026
rodriguez g	9	0,667	0,2	0,031
scott e	9	0,667	0,2	0,029
soria a	9	0,667	0,2	0,031
campo	9	0	0,167	0,025
campo m	9	0	0,143	0,012
marcelo m	9	0	0,167	0,025
asghar ar	10	0	0,333	0,029
bhatti sn	10	0	0,333	0,029
tabassum a	10	0	0,333	0,029
abbas r	10	0	0,333	0,015
conboy k	11	0	1	0,026
ahmad mo	11	0	1	0,026
gorschek t	12	0	1	0,026
petersen k	12	0	1	0,026