

COEVOLUÇÃO DA INTELIGÊNCIA NATURAL E ARTIFICIAL: UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE INTELIGÊNCIA HÍBRIDA

COEVOLUTION OF NATURAL AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A REVIEW OF THE LITERATURE ON HYBRID INTELLIGENCE

Jenifer Ferraz Calvi¹

Hilka Pelizza Vier Machado²

Resumo

Nos últimos anos a inteligência artificial (IA) tem apresentado um crescimento acelerado. No que tange à autonomia nas tomadas de decisões e nos limites que podem ser parametrizados, desde a configuração da máquina e até o seu funcionamento, os algoritmos são responsáveis pela programação dos sistemas inteligentes. Para otimizar esses sistemas é importante focar na combinação da inteligência humana e da máquina, esta última representada pela IA. Esta combinação é entendida como inteligência híbrida (IH). A presente pesquisa tem como objetivo mapear os estudos sobre IH, a fim de identificar perspectivas para estudos no campo da gestão do conhecimento. Para isso, foi realizado um estudo bibliométrico nas bases de dados da Scopus e Web of Science, sem delimitação temporal, com os termos de busca “hybrid intellig*”. A busca inicial resultou em 683 artigos em ambas as bases. Os resultados da pesquisa indicaram as principais referências do tema, e a análise confirmou que o Brasil não possui notória participação no volume de publicações produzidas, sendo a maior parte das publicações oriundas da China. Os estudos apontam que os temas inteligência artificial e sistemas inteligentes híbridos apresentam uma crescente de publicações e que há uma lacuna pouco explorada para pesquisas sobre a relação simbiótica do homem e máquina.

Palavras-chave: Inteligência híbrida. Inteligência artificial. Sistemas inteligentes híbridos. Gestão do conhecimento. Revisão bibliométrica.

Abstract

In recent years, artificial intelligence (AI) has presented an accelerated growth. Regarding autonomy in decision-making and the limits that can be parameterized, from the configuration of the machine to its operation, the algorithms are responsible for the programming of intelligent systems. To optimize these systems, it is important to focus on the combination of human and machine intelligence, the latter represented by AI. This combination is understood as hybrid intelligence (HI). The present research aims to map the studies on HI, in order to identify perspectives for studies in the field of knowledge management. For this, a bibliometric study was carried out in the Scopus and Web of Science databases, without temporal delimitation, with the search terms “hybrid intellig*”. The initial search resulted in 683 articles in both databases. The research results indicated the main references on the subject, and the analysis confirmed that Brazil does not have a notorious share in the volume of publications produced, with most publications coming from China. Studies show that the topics of artificial intelligence and hybrid intelligent systems have a growing number of publications and that there is a little explored gap for research on the symbiotic relationship between man and machine.

Keywords: Hybrid intelligence. Artificial intelligence. Hybrid intelligent systems. Knowledge management. Bibliometric review.

¹ Mestranda em Gestão do Conhecimento nas Organizações – Unicesumar – Maringá, Paraná.

² Docente no Mestrado em Gestão do conhecimento nas Organizações – UniCesumar. Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI. E-mail: hilka.machado@unicesumar.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Uma linha do tempo com início no século XVIII até o século XXI traz a reflexão que a tecnologia da informação está em constante evolução, demarcando uma revolução digital, com o surgimento da inteligência artificial. É crescente a participação da inteligência artificial (IA) no cotidiano, demarcando uma relação entre o homem e a máquina (LEODOLTER, 2017; PEETERS et al., 2020). Furr, Ozcan e Eisenhardt (2022) citam a transformação digital como um processo da crescente evolução digital. Ao abordar sobre as três tensões centrais da transformação digital, a tensão elencada como terceira trata-se de pessoas *versus* ferramentas. Essa tensão abarca as ferramentas digitais com foco nos algoritmos com as habilidades de imitar a capacidade humana.

Ao mesmo tempo em que essa realidade provoca desafios para organizações, ela representa uma oportunidade para elas criarem valor (URBINATI; BOGERS; CHIESA; FRATTINI, 2019). Para o campo da gestão do conhecimento, métodos que envolvem inteligência híbrida podem propiciar uma sinergia a partir da combinação entre inteligência artificial (IA) e inteligência humana (GLADKOV; GLADKOVA; LEGEBOKOV, 2015). Para entender a IA faz-se necessário compreender o processo de aprendizagem da máquina (GARRETT, 2022). Esse tipo de aprendizagem perpassa pelo conhecimento de *Machine learning e Deep learning*, temas que podem dirimir as dúvidas que cercam este processo de como as máquinas aprendem (SAMUEL 1959; HINTON, 2015; OSTHEIMER et al., 2021).

Inteligência híbrida refere-se a “uma inteligência coletiva de humanos e elementos de Inteligência Artificial que colaboram estreitamente para servir ao propósito de uma unidade” (LEODOLTER, 2017, p. 205). Nesse sentido, a relação do homem e da máquina está relacionada ao conceito de inteligência híbrida. A combinação de humanos e máquinas para a inovação ou apenas uma atividade cotidiana pode resultar em uma prática de inteligência híbrida (TEIXEIRA, 1998; PEETERS et al., 2020; EBEL et al., 2021). Face à evolução da transformação digital, esse tipo de inteligência será cada vez mais necessário para a implementação de sistemas e para a gestão do conhecimento nas organizações.

Com isso, a presente pesquisa tem como objetivo mapear os estudos sobre IH, a fim de identificar perspectivas para estudos no campo da gestão do conhecimento. Para atingir esse objetivo, foi realizado um estudo bibliométrico nas bases de dados da Web of Science e Scopus, tendo sido identificadas 431 publicações.

Este artigo está estruturado em cinco seções: a primeira e presente seção corresponde à introdução. A segunda apresenta os principais conceitos relacionados à inteligência artificial, inteligência híbrida e gestão do conhecimento. A terceira seção apresenta o método utilizado no levantamento dos dados. A quarta seção consiste na apresentação da análise dos dados obtidos pela revisão bibliométrica e a quinta contempla as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Inteligência artificial

Tendo em vista a evolução tecnológica ao longo dos anos, é importante enfatizar sobre a geração dos computadores e a influência desta evolução no mundo contemporâneo percorrendo pelo seu processo de evolução. A primeira geração de computadores foi de 1942 à 1959 tendo o ENIAC (Eletronic Numerical Integrator and Computer) como o primeiro computador eletrônico. Este período teve relevância com o estudo das válvulas para o aumento da velocidade dos computadores, que por sua vez, exigiam muita energia para o funcionamento da máquina e conseqüentemente faziam com que a válvula queimasse com frequência. Na segunda geração de computadores, que foi de 1959 à 1965, os estudos avançaram e a válvula responsável por aumentar a velocidade foi substituída por um transistor e corrigiu as falhas do primeiro computador. O transistor é um disposto semicondutor possui três camadas e é utilizado para conduzir sinais eletrônicos e potências elétricas. A terceira geração, 1966 a 1969, teve o seu ciclo marcado pela substituição dos transistores por uma tecnologia mais desenvolvida de circuitos integrados, tecnologia responsável por aumentar o processamento simultâneo. O ponto central da quarta geração (1971-1981) foi marcado pelo descobrimento do microprocessador, diretamente responsável pelo surgimento dos computadores pessoais. Por sua vez, a quinta geração, é composta pelos computadores modernos que são oriundos dos circuitos integrados, fruto dos estudos iniciados na terceira e geração e ampliados nas últimas décadas (MONTEIRO, 2007; GUGIK, 2009). Neste ínterim, com a evolução dos computadores, a IA percorria os primeiros passos ainda em meados de 1950. Mas, foi em 1956, no *Darhmouth College Conference* que a IA teve o marco inicial. Surgiu com o principal objetivo de resolver problemas por meio de sistemas computacionais (SICHMAN, 2021).

O fato de uma máquina desempenhar atividades humanas é algo comum no campo da IA. Desta forma, um dos maiores receios sempre foi a substituição da mão-de-obra humana pela máquina (RUSSSEL, 2019). Outro ponto de reflexão trata-se de quais atividades a máquina é capaz de desempenhar totalmente sozinha, mas não de criar significado para as coisas, o que é de domínio do ser humano e não da máquina (UNESCO, 2014).

Para Turing (1950), a máquina não se tornaria pensante sozinha. Para que ocorresse o aprendizado seria necessário programar e ensinar a máquina. A partir de 1959 desenvolveram-se os primeiros estudos da tecnologia *Machine Learning* (aprendizado da máquina) na utilização de algoritmos para entender os dados. Depois disso, em meados do final do século XX, foram iniciados os estudos sobre o termo de *Deep Learning* e as redes neurais artificiais, que são inspiradas nos neurônios do cérebro. Desta forma, os algoritmos reconhecem padrões e correlações dos dados, com o objetivo de aprender e melhorar continuamente (LECUN; BENGIO; YOSHUA; HINTON, 2015).

Em 1997, o primeiro computador venceu um jogo de xadrez contra um humano. Em 2012, no teste de Turing, um jogador criado pela IA venceu um outro competidor, que também era provido de IA, e convenceu a todos que era mais humano do que todos os competidores presentes. O teste de Turing é um interrogador que tem como objetivo avaliar a inteligência de uma máquina versus a inteligência humana. Alan Turing foi o criador da máquina de Turing e

um dos principais precursores da IA (SILVA; DE ARRUDA, 2016; LIMA, 2017; PEETERS et al., 2020).

Lee (2019) aborda as quatro ondas da inteligência artificial (IA) como primordial para a evolução ao longo dos anos na história. Ele define as ondas na seguinte ordem: IA da internet, IA de negócios, IA de percepção e IA autônoma. A primeira onda tornou-se popular em 2012 e baseia-se em como os sistemas inteligentes aprendem com as preferências dos seus usuários. Isto ocorre pelo uso de algoritmos de IA para realizar recomendações personalizadas. Estas recomendações objetivam personalizar a experiência humana com o uso da máquina, com o objetivo de possibilitar novos aprendizados da máquina através das respostas que são fornecidas pelo humano. Na segunda onda o foco está sob o banco de dados que as empresas já possuíam de seus clientes e a introdução da IA para otimizar o processo de análise e obtenção de resultados, considerando um grande volume de dados. A terceira onda abarca a ampliação do aprendizado da máquina, no sentido de melhoria dos seus sistemas inteligentes. Os sistemas inteligentes crescem com o objetivo de resolver problemas complexos. Por tanto, as atividades complexas podem ser automatizadas por meio dos sistemas inteligentes. Para isto, é necessário que ocorra o aprendizado profundo da máquina, que se dá através da interação do homem e da máquina. Por fim, a quarta onda, a IA autônoma, é a integração das três ondas supracitadas, resultante na combinação de dados mais complexos em que a máquina possui autonomia na resolução de problemas e tarefas complexas do cotidiano (LEE, 2019).

Peeters et al. (2020) abordam as perspectivas da IA na sociedade, especificamente como a inteligência se relacionará com a artificial nas próximas décadas. Os autores enfatizam as perspectivas no cenário IA versus sociedade, sendo estas: i) perspectiva centrada na tecnologia: nesta perspectiva da tecnologia ocorre a aposta da tecnologia ser superior ao ser humano em relação ao aprendizado, e desta forma conseguir se destacar sozinha. ii) perspectiva centrada no ser humano: a IA possui preponderância apenas em atividades que o humano concorda que pode ser substituído pela máquina, ou que não saiba realizar. Neste contexto, a perspectiva da inteligência coletiva defende a colaboração de ambas as inteligências. Pessoas e máquinas conectadas coletivamente significa explorar o máximo potencial das duas inteligências juntas (RUSSEL, 2019; PEETERS et al., 2020); iii) perspectiva da inteligência coletiva. Para Lévy (2003, p. 28) “a inteligência coletiva é uma inteligência distribuída por toda parte, incessantemente valorizada coordenada em tempo real que resulta em uma mobilização efetiva das competências”. Já para Jenkins (2008, p. 54), a inteligência coletiva “é a capacidade das comunidades virtuais de alavancar a expertise combinada de seus membros”. Portanto, as habilidades individuais podem ser agrupadas e usadas coletivamente para fortalecer as competências do coletivo.

2.2 Inteligência Híbrida e Gestão do Conhecimento

Inteligência híbrida está associada à combinação da inteligência humana e da máquina, com o objetivo de potencializar a inteligência humana em vez de substituí-la (TEIXEIRA, 1998). A parceria cognitiva entre mentes e máquinas tem sido uma alavanca para a fronteira do conhecimento (DENNETT, 1997; RUSSEL, 2019). A convergência das duas inteligências pode colaborar para que sistemas inteligentes fiquem ainda mais inteligentes (RUSSEL, 2019).

Conforme Leodolter (2017), a inteligência híbrida, enquanto uma inteligência coletiva de humanos e elementos de Inteligência Artificial, colabora estreitamente para um propósito específico. Os sistemas inteligentes aprendem por modelos que são baseados em formulações empíricas e baseiam-se em um conjunto de dados (ALAM, 2022). A máquina aprende pela análise dos dados que são armazenados e formam novos modelos analíticos (TEIXEIRA, 1996).

Para Russel e Norvig (2004), os agentes inteligentes percebem o ambiente por meio de sensores e agem através deles. Este agente é capaz de realizar tarefas que auxiliam o humano. As tarefas variam de acordo com as informações programadas e interpretadas pelos agentes. Os algoritmos são responsáveis pela criação de um agente inteligente. E é por meio destes algoritmos que os agentes podem desempenhar tarefas que exigem percepção e interpretação do ambiente para oferecer maior autonomia.

Sáiz-Bárcena, Herrero, Campo e Martínez (2015) partem do conceito de um sistema inteligente híbrido combina redes neurais (ANNS) e algoritmos genéticos (GAS) formando um sistema híbrido inteligente artificial (HAIS). Para os autores, um HAIS é um aliado importante para a tomada de decisões de gestão do conhecimento (GC). A GC é caracterizada como um conjunto de técnicas que visam organizar a criação, disseminação e a utilização do conhecimento para alcançar as metas organizacionais. Os autores propõem um modelo baseado em processos, tais como: geração, codificação coordenação e transferência (DAVENPORT; PRUSAK, 2003).

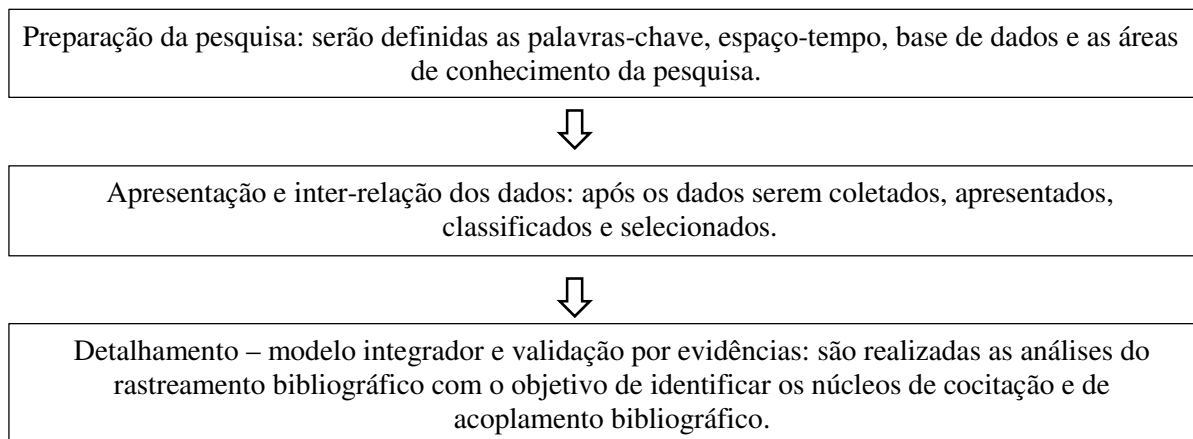
Neste sentido, a relação entre humanos e máquina é importante para a GC. Bukowitz e Williams (2002, p.36) afirmam que “a gestão do conhecimento fornece uma nova lente, através da qual a organização e o próprio processo de gestão podem ser vistos. Ela traz para o foco diferentes aspectos da organização, que, por sua vez, terão impacto tanto no que é gerenciado quanto em como isso é feito”. A GC objetiva o compartilhamento do conhecimento e na transformação do conhecimento tácito e explícito (NONAKA; TAKEUCHI, 1997). Assim, uma aprendizagem a ser considerada é a aprendizagem de habilidades de robô como transferência de conhecimento. A transferência de conhecimento tem sido amplamente empregada na área de aprendizagem multitarefa, bem como no controle. Proposta que tem como objetivo generalizar e reutilizar as informações sobre a habilidade do robô, e dentro deste contexto, os métodos se concentram principalmente na generalização da trajetória definida pelo usuário considerando as limitações da máquina quanto à absorção de informações, produtividade e segurança durante o processo de compartilhamento de habilidades e conhecimento (GAWALI; GAWALI, 2021). Neste sentido, a GC contribui com um modelo baseado no planejamento a longo prazo, em que a tomada de decisão é de grande importância para o processo de gestão (CHOO, 2002).

3. MÉTODO E MATERIAIS DE PESQUISA

O presente estudo utiliza uma abordagem exploratória e quantitativa e para isto foi realizada uma revisão bibliométrica da literatura. A bibliometria é uma técnica quantitativa e estatística que tem como finalidade medir, por meio de análises, a produção de pesquisas científicas (ARAUJO, 2006). O estudo tem como apoio o método da Teoria do Enfoque Meta

Analítico Consolidado – TEMAC. O método TEMAC possui três etapas em seu método (MARIANO; ROCHA, 2017):

Figura 1: Etapas da Bibliometria



Fonte: elaborado pelas autoras (2022).

A primeira fase foi uma pesquisa exploratória e bibliográfica com abordagem quantitativa nas bases de dados *Web of Science e Scopus* por meio de uma revisão da literatura sobre o tema inteligência híbrida (CRESWELL, 2007). Na segunda fase, após inter-relacionar as duas bases, foram removidas as publicações duplicatas e selecionado apenas uma base para dar continuidade ao estudo. Na última fase iniciou-se o gerenciamento dos resultados a fim de analisar as referências (MOLINERA et al., 2015). Para o gerenciamento inicial das referências foi utilizado o Zotero e para a síntese e geração de gráficos foi utilizado o *software VOSviewer* para a construção das redes bibliométricas.

Quadro 1 - Definição do *string* de pesquisa e resultado das bases de dados

Base de dados	Palavra s-chave	Campos	String de busca	Período	Resultados	Duplicados	Elegíveis
Web of Science	"hybrid intellig*"	Title	"hybrid intellig*" (Title) and Early access (Delete – document types and Articles (document types)	1992 - 2022	469	418	51
Scopus	"hybrid intellig*"	Title	Title ("hybrid intellig*") AND (Limit-TO (Pubstage , "final")) AND (Limit-	1988 - 2022	632		632

			to (Doctype , "a r"))				
Total							683

Fonte: Elaborado pelas autoras (2022).

Na etapa de preparação da pesquisa foi definida palavra-chave e o termo de busca. A busca foi realizada no dia 12/06/2022 e retornou os resultados elencados no Quadro 1, contendo o termo de busca “*hybrid intellig**” com o uso do asterisco para abranger um número maior de variações verbais. Os filtros aplicados foram apenas para o tipo de documentos ‘artigos’ e fase de publicação final. Não foram aplicadas delimitação temporal e por áreas do conhecimento, a fim de ampliar os resultados da pesquisa. A base de dados WoS considerou as publicações a partir de 1992 a 2022 e a base de dados Scopus considerou a partir de 1988 até 2022. No levantamento bibliográfico também foi considerado o termo de busca *hybrid intellig** AND “*knowledge manag**” utilizando os filtros para o tipo de documento ‘artigo’, publicação em fase final período de publicações atemporal e sem limitar as áreas de conhecimento. O resultado obtido nas bases de dados Scopus e Web of Science foi de 3 artigos duplicados em ambas as bases: i) *Organization of Knowledge Management Based Hybrid Intelligent Methods* (GLADKOV, L.A; GLADKOVA, N.V; LEGEBOKOV, A.A., 2015), ii) *Community-driven and Ontology-based Biological Knowledge Management: a Hybrid Approach to Harnessing Collective Intelligence* (IWAZUM, M.; KANEIWA, K., 2013) e iii) *A Hybrid Infrastructure of Enterprise Architecture and Business Intelligence & Analytics for Knowledge Management in Education* (MOSCOSO-ZEA; CASTRO; PAREDES-GUALTOR; LUJÁN-MORA, 2019)

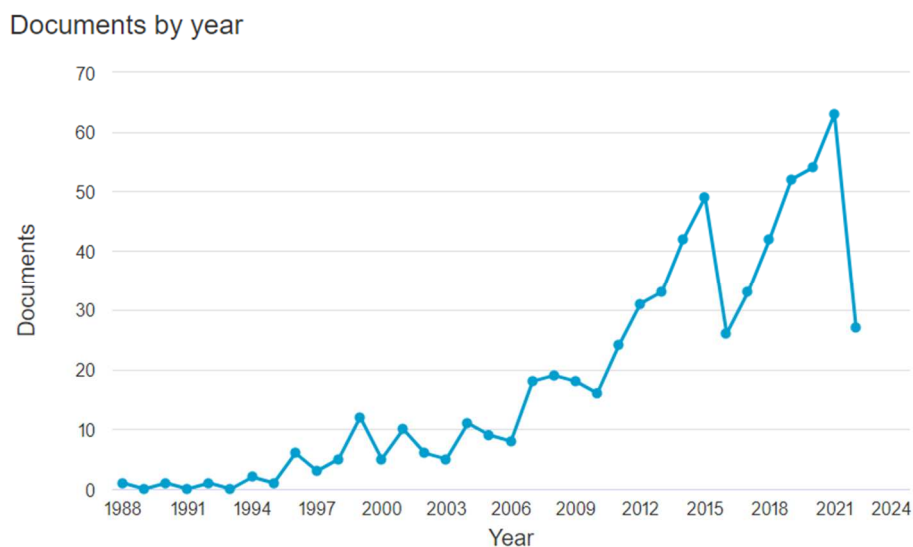
A apresentação e inter-relação dos dados, após integrar o resultado das duas bases foi realizada a remoção de duplicatas. Ao todo foram identificados 469 resultados na Web of Science, e 632 resultados na Scopus perfazendo 1101 resultados. Dos 1101 resultados, 418 documentos estavam duplicados nas duas bases, sendo apenas 51 contidos na Web of Science e 214 na Scopus após exclusão dos duplicados. Sendo assim, foi escolhida a base de dados da Scopus considerando a maior abrangência de periódicos indexados em seu banco de dados, bem como o maior número de artigos. Com isso, a pesquisa se concentrou no corpus de 632 periódicos da base Scopus.

Para o modelo integrador e validação por evidências, foi realizado o tratamento dos dados de pesquisa por meio da exportação da base .csv da Scopus para o software VOSviewer para a criação de gráficos de citações, acoplamento bibliográfico e coautoria.

4. Apresentação e Discussão dos Resultados

4.1 Evolução dos estudos

O gráfico 1 apresenta uma linha histórica da produção anual de artigos sobre o tema da pesquisa.

Gráfico 1 – Produção científica anual sobre a temática Inteligência Híbrida

Fonte: Base de dados Scopus (2022)

Os primeiros trabalhos sobre a temática desta pesquisa, indexados na Scopus estão datados em 1988, tendo o primeiro artigo sido publicado com o título *Toward a hybrid intelligent system for scheduling and rescheduling of fms* de Tabe, T e Salvendy, G., publicado no *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*.

Em 34 anos foram publicados 632 artigos, com média de 18,5 artigos/ano. A maior crescente foi nos últimos 5 anos. O ano com maior produção foi o de 2021, perfazendo 62 artigos. Por sua vez, no ano seguinte, em 2022 é visto uma queda na produção acadêmica considerando a constância e volume de publicações anuais. Portanto, a baixa produção a partir de 2021 demonstra que há oportunidades para preencher lacunas geradas pelo tema de pesquisa.

No Quadro 2 são apresentados os 15 autores mais produtivos sobre o tema. Ao total foram encontrados 284 autores.

Quadro 2 – Autores mais produtivos

Autores	Nº de artigos publicados
Calvo-rolle, J.	14
Wang, Y.	12
Liu, Y.	11
Casteleiro-roca, J.	10
Chai, T.	9
Zhang, Y.	8
Li, S.	8
Pham, B.	7
Quintian, H.	7
Bui, D.	7
Chen, X.	7
Li, Y.	6
He, z.	6
Owolabi, T.	6
Yu, H.	5

Fonte: elaborado pelas autoras (2022).

O autor que mais publicou foi Calvo-Rolle com catorze publicações, seguido por Wang com doze e Liu com onze publicações. Sob a ótica de três grupos de 5 autores considerando-os *clusters*, de forma vertical e decrescente, é possível identificar uma maior concentração de publicações dos 5 primeiros autores representando 45,5%, o segundo grupo representa 30% das publicações e o terceiro grupo é responsável por 24,2% da produção científica. o que representa um conhecimento mais difuso sobre a temática. No Quadro 3 estão listados os periódicos com o maior número de artigos publicados. Os três primeiros periódicos da lista destacam-se pela produtividade de 41% das produções científicas.

Quadro 3 – Periódicos com o maior número de publicações

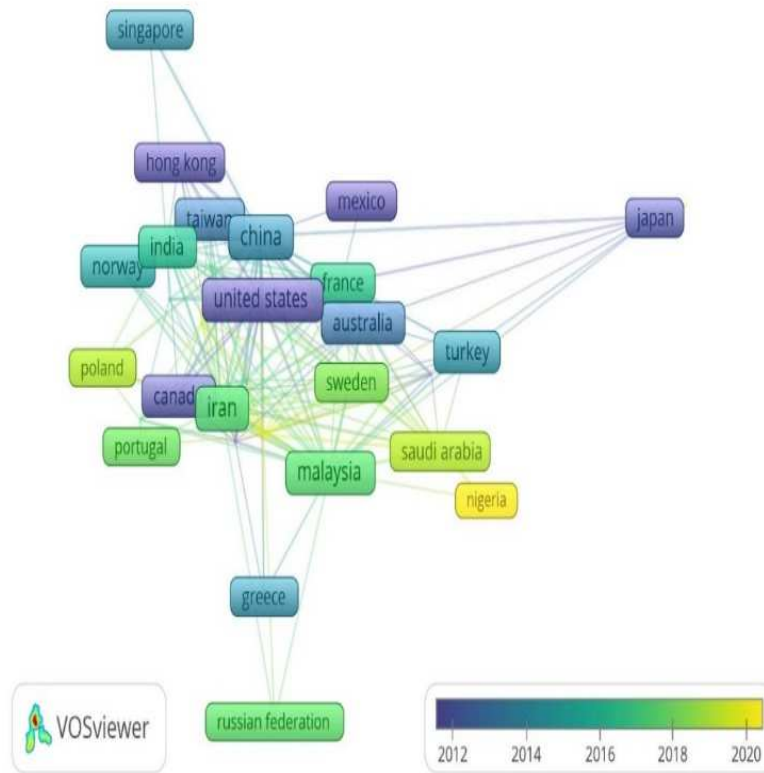
Ranking	Periódico	Publicações
1	<i>Applied soft computing journal</i>	14
2	<i>Expert systems with applications</i>	14
3	<i>Neural computing and applications</i>	11
4	<i>Applied sciences (switzerland)</i>	7
5	<i>Engineering with computers</i>	7
6	<i>Informatika i ee primeneniya</i>	7
7	<i>Dongbei daxue xuebao/journal of northeastern university</i>	6
8	<i>Journal of intelligent and fuzzy systems</i>	6
9	<i>Knowledge-based systems</i>	6
10	<i>Control engineering practice</i>	5
11	<i>Engineering applications of artificial intelligence</i>	5
12	<i>Information sciences</i>	5
13	<i>Isa transactions</i>	5
14	<i>Journal of ambient intelligence and humanized computing</i>	5
15	<i>Mathematical problems in engineering</i>	5

Fonte: elaborado pelas autoras (2022).

No cluster principal encontram-se os dois primeiros periódicos mais produtivos com o mesmo número de artigos publicados (14) e na terceira ordem o periódico com 11 artigos publicados. Destaca-se: i) cluster 1: *Applied soft computing jornal* (14 artigos), *Expert systems with applications* (14 artigos) e *Neural computing and applications* (11 artigos). Os três periódicos juntos representam 36,11% das publicações, sendo responsável por uma parcela expressiva de artigos publicados. ii) Cluster 2: *Applied sciences (Switzerland)*, *Engineering with computers* e *Engineering with computers* representando 19,44%. iii) Cluster 3: *Dongbei daxue xuebao/Journal of Northeastern University*, *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems* e *Knowledge-based systems* representam 16,66%. iiiii) Cluster 4: *Control engineering practice*, *Engineering applications of artificial intelligence*, *Information sciences*, *Isa transactions*, *Journal of ambient intelligence and humanized computing* e *Mathematical problems in engineering* perfazendo 27,77% das publicações.

Na Figura 2, apresentada a seguir, pode se visualizar as coautorias de publicações, por países.

Figura 2 – coautoria por países



Fonte: VOSviewer (2022).

Conforme dados apresentados na Figura 2, percebe-se que os países Hong Kong, México, Estados Unidos, Canadá e Japão formam o primeiro *cluster* de coautoria com publicações mais antigas (2012-2014), seguido por China, Singapura, Austrália, Turquia, Grécia e Noruega formando um segundo *cluster* com publicações de 2014-2016, o terceiro cluster é formado por Índia, França, Irã, Malásia, Portugal, possuindo as publicações mais recentes Rússia e Suécia (2016- 2018), por fim, o último *cluster* e composto por Polônia, Arábia Saudita e Nigéria (2018-2020).

O Quadro 4 apresenta informações sobre os 15 artigos mais citados, perfazendo 3064 citações com a concentração maior de citações nos 4 primeiros artigos que perfazem 45% do total de artigos citados.

Quadro 4 – Publicações com o maior número de citações

Periódico	Autores	Ano	Título	Citações
Digital Signal Processing: A Review Journal	El-Dahshan E.-S.A., Hosny T., Salem A.-B.M.	2010	Hybrid intelligent techniques for MRI brain images classification	374

Journal of Network and Computer Applications	Peddabachigari S., Abraham A., Grosan C., Thomas J.	2007	Modeling intrusion detection system using hybrid intelligent systems	299
Neural Computing and Applications	Bahrammirzaee A.	2010	A comparative survey of artificial intelligence applications in finance: Artificial neural networks, expert system and hybrid intelligent systems	267
Tunnelling and Underground Space Technology	Armaghani D.J., Mohamad E.T., Narayanasamy M.S., Narita N., Yagiz S.	2017	Development of hybrid intelligent models for predicting TBM penetration rate in hard rock condition	228
Expert Systems with Applications	Seera M., Lim C.P.	2014	A hybrid intelligent system for medical data classification	216
Expert Systems with Applications	Polat K., Güneş S.	2009	A novel hybrid intelligent method based on C4.5 decision tree classifier and one-against-all approach for multi-class classification problems	198
Expert Systems with Applications	Lei Y., Zuo M.J., He Z., Zi Y.	2010	A multidimensional hybrid intelligent method for gear fault diagnosis	183
Mobile Information Systems	Haq A.U., Li J.P., Memon M.H., Nazir S., Sun R., Garcíá-Magarinõ I.	2018	A hybrid intelligent system framework for the prediction of heart disease using machine learning algorithms	181
Landslides	Tien Bui D., Tuan T.A., Hoang N.-D., Thanh N.Q., Nguyen D.B., Van Liem N., Pradhan B.	2017	Spatial prediction of rainfall-induced landslides for the Lao Cai area (Vietnam) using a hybrid intelligent approach of least squares support vector machines inference model and artificial bee colony optimization	179
IEEE Transactions on Neural Networks	Castillo O., Melin P.	2002	Hybrid intelligent systems for time series prediction using neural	173

			networks, fuzzy logic, and fractal theory	
Environmental Earth Sciences	Shirzadi A., Bui D.T., Pham B.T., Solaimani K., Chapi K., Kavian A., Shahabi H., Revhaug I.	2017	Shallow landslide susceptibility assessment using a novel hybrid intelligence approach	161
IEEE Transactions on Power Systems	Amjady N., Majedi S.F.	2007	Transient stability prediction by a hybrid intelligent system	160
IEEE Transactions on Power Systems	Haque A.U., Nehrir M.H., Mandal P.	2014	A hybrid intelligent model for deterministic and quantile regression approach for probabilistic wind power forecasting	157
Applied Mathematics and Computation	Zheng Y., Liu B.	2006	Fuzzy vehicle routing model with credibility measure and its hybrid intelligent algorithm	147
IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics	Wang C.-H., Lin T.-C., Lee T.-T., Liu H.-L.	2002	Adaptive hybrid intelligent control for uncertain nonlinear dynamical systems	141

Fonte: elaborado pelas autoras (2022).

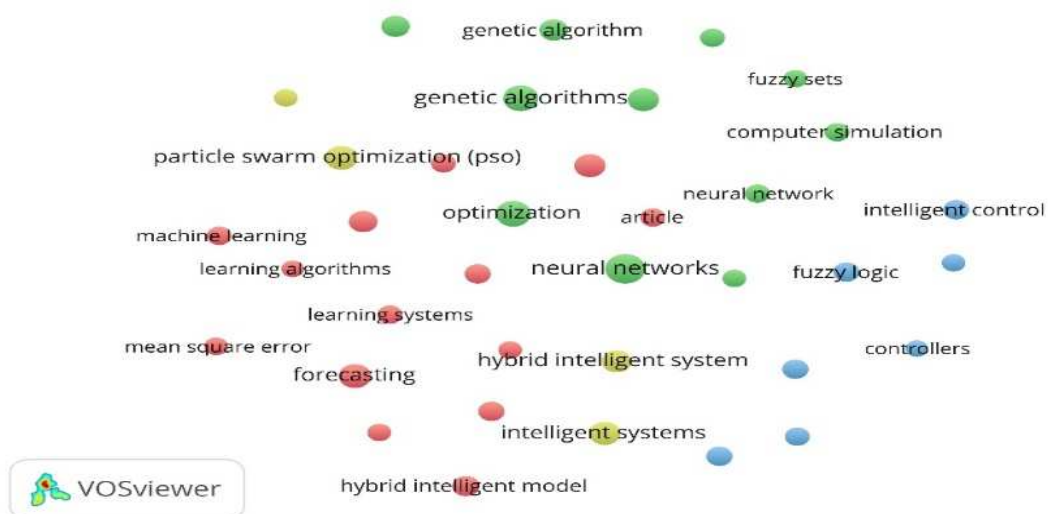
O artigo de Dahshan *et al.*, de 2010, publicado no *Digital Signal Processing: A Review Journal* acumula o maior volume de citações, representando mais de 12% do total de citações.

A seguir, a Figura 3 abarca o mapa por acoplamento bibliográfico em que indica a ocorrência das citações entre dois artigos com base no número de referências. A análise de acoplamento bibliográfico possibilita o estudo do desenvolvimento das linhas de pesquisa, permitindo identificar os núcleos de pesquisa, os pesquisadores e os artigos mais importantes em um domínio científico (CARVALHO, 1975). É visto que os autores Wang, Calvo-Rolle e Chan Chien apresentam predominância de referências citadas em comum.

Figura 3: Acoplamento bibliográfico

Fonte: VOSviewer (2022).

Na sequência, foi realizada a análise de coocorrência de palavras chave. A Figura 4 mostra o resultado desta análise.

Figura 4: Co-ocorrências de palavras-chave

Fonte: VOSviewer (2022).

Identifica-se na Figura 4, quatro *Clusters* de palavras. O *cluster* verde contém termos genética e algoritmos, *cluster* vermelho modelos híbridos inteligentes, inteligência artificial, sistemas de aprendizagem, *cluster* amarelo sistemas inteligentes, sistemas híbridos inteligentes e o *cluster* azul controle, controle inteligente e lógica difusa. As principais palavras-chaves indexadas pela Scopus que mais se destacam são: *genetic algorithm*, *neural network* e *hybrid systems*.

Em relação ao cluster azul vale destacar o termo *logic fuzzy* que significa lógica difusa e baseia-se na concepção de que as tomadas de decisões são embasadas em informações vagas

Revista Inteligência Empresarial. V. 46 ANO 2022 (Edição Especial KM Brasil 2022)

e imprecisas, e é utilizado para obter respostas no conceito de verdades parciais e o valor das variáveis pode ser qualquer número real entre 0 e 1 (KOSKO; ISAKA, 1993; ZADEH, 1998). Sendo assim, os clusters de co-ocorrências vermelho, azul e amarelo demonstram que os estudos estão propensos à reflexão da temática de inteligência híbrida.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa indicaram as principais referências do tema e a análise confirmou que o Brasil não possui notória participação no volume de publicações produzidas, sendo a maior parte das publicações oriundas da China. O ano com maior volume de produção foi 2021, perfazendo 62 artigos. Em 2022 é observada uma queda na produção acadêmica considerando a constância e volume de publicações anuais.

Os autores mais produtivos foram Calvo-Rolle com catorze publicações, seguido por Wang com doze e Liu com onze publicações. Os periódicos com maior produtividade tiveram uma maior centralização em três periódicos: *Digital Signal Processing: A review Journal*, *Journal of Network and Computer Applications* e *Neural Computing and Applications*. As principais palavras-chaves indexadas pela Scopus que mais se destacam foram: *genetic algorithm*, *neural network* e *hybrid systems*.

Para pesquisas futuras, sugere-se uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de analisar a relação entre as publicações e potencialidades para a área de GC. Os estudos apontam que os temas inteligência artificial e sistemas inteligentes híbridos possuem um crescente de publicações e que há uma lacuna pouco explorada para pesquisas sobre a relação simbiótica do homem e máquina, por sua vez, o resultado dessa combinação sendo a geração de sabedoria.

REFERÊNCIAS

ALAM, S.; SULTANA, N.; et al. Modelagem de inteligência híbrida para estimar a resistência ao cisalhamento de membros de concreto armado FRP. **Computação Neural e Aplicativos**. 7069-7079. 2022.

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006.

BUKOWITZ, W. R; WILLIAMS, R.L. **Manual da Gestão do Conhecimento: ferramentas e técnicas que criam valor para a empresa**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CARVALHO, M.M. Análise bibliométrica da literatura de Química no Brasil. **Ciência da Informação**, v. 4, n. 2, 119-141, 1975.

CHOO, C. W. Information management for the intelligent organization: the art of scanning the environment. **Information Today**, Inc., 2002.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DAVENPORT, T. H. **Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

DE FERNANDES TEIXEIRA, J. **Cérebro, Máquina e Consciência: Uma Introdução à Filosofia da Mente**. São Carlos: Editora da UFSCar, 1996.

DE FERNANDES TEIXEIRA, J. **Mentes e máquinas: Uma introdução à ciência cognitiva**. Porto Alegre, RS: Artes Médicas, 1998.

DENNETT, D. C. **Tipos de mentes: rumo a compreensão da consciência**. Rio de Janeiro: Rocco, 1997.

EBEL, P.; SOLLNER, M.; LEIMEISTER, J. M.; CROWSTON, K.; VREEDE, G. T. Hybrid intelligence in business networks. **Electronic Markets**, v. 31, n. 2, p. 313-318, 2021.

FURR, N.; OZCAN, P.; EISENHARDT, K. O Que é a Transformação Digital? Tensões Fundamentais enfrentadas pelas Empresas estabelecidas no Cenário Mundial. **Revista Inteligência Competitiva**, v. 12, n. 1, p. e0410-e0410, 2022.

GARRETT, F. Entenda como pensa uma inteligência artificial. **TechTudo**, 2022. Disponível em: < <https://www.techtudo.com.br/noticias/2022/04/entenda-como-pensa-uma-inteligencia-artificial.ghml> > Acesso em: 19, junho de 2022.

GAWALI, M. B.; GAWALI, S. S. Optimized skill knowledge transfer model using hybrid Chicken Swarm plus Deer Hunting Optimization for human to robot interaction. **Knowledge-Based Systems**, 220, 106945, 2021.

GLADKOV, L. A.; GLADKOVA, N. V.; LEGEBOKOV, A.A. Organization of Knowledge Management Based on Hybrid Intelligent Methods. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, 349. 2015.

GUGIK, G. A história dos computadores e da computação. **TecMundo**, 2009. Disponível em: < www.tecmundo.com.br/1697-A-Historia-dos-computadores-e-da-computacao.htm > Acesso: 01 de junho de 2022.

JENKINS, H. **Cultura da Convergência**. São Paulo: Aleph, 2008.

KOSKO, B.; ISAKA, S. Fuzzy logic. *Scientific American*, v. 269, n. 1, p. 76-81, 1993.
LEE, K. F. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: Globo, 2019.

IWAZUM, M.; KANEIWA, K. Community-Driven and Ontology-Based Biological Knowledge Management: A Hybrid Approach to Harnessing Collective Intelligence. **ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing**. IEEE, 2013.

LÉVY, P. **A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço**. 4 ed. São Paulo: Loyola, 2003.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. **Deep learning**. *nature*, v. 521, n. 7553, p. 436-444, 2015.

LEODOLTER, W. Digital Transformation shaping the Subconscious **Minds of Organizations**. DOI: 10.1007/978-3-319-53618-7. Springer: 2017.

LIMA, W.D. Computadores e Inteligência – uma explicação elucidativa sobre o teste de Turing. **Outras Palavras**, v. 13, n. 1, 2017.

MARIANO, A. M.; ROCHA, M. S. **Revisão da literatura: apresentação de uma abordagem integradora**. In: AEDEM International Conference. 2017. p. 427-442.

MONTEIRO, M. A. **Introdução à organização de computadores**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MOLINERA, J. A. M; PEREZ, M. R. VIEDMA, E. H. Creating Knowledge databases for storing and sharing people knowledge automatically using group decision making and fuzzy ontologies. Elsevier: **Information Sciences**. p. 418-434, jan. 2015.

MOSCOSO-ZEA, O. CASTRO, J.; PAREDES-GUALTOR, J.; LUJÁN-MORA, S. A hybrid infrastructure of enterprise architecture and business intelligence & analytics for knowledge management in education. **IEEE access**, v. 7, p. 38778-38788, 2019.

NONAKA, O.; TAKEUCHI, H. **Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.

RUSSELL, S. **Human compatible: Artificial intelligence and the problem of control**. Penguin, New York, 2019.

RUSSEL, S.; NORVIG, P. **“Inteligência Artificial”**. Rio de Janeiro: Elsevier. 2004.

SAMUEL, A. L. “Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers”. **IBM Journal of Research and Development**, 1959.

SÁIZ-BÁRCENA, L., HERRERO, Á., CAMPO, M. Á. M. D., & MARTÍNEZ, R. D. O. Easing knowledge management in the power sector by means of a neuro-genetic system. **International Journal of Bio-Inspired Computation**, 7(3), 170-175, 2015.

SCHUMPETER, J. A. **A teoria do desenvolvimento econômico**. 2ª Ed. São Paulo; Nova Cultura, 1984.

SILVA, G. N.; DE ARRUDA, J. N. C. Teste de Turing: Um computador é capaz de pensar? In: **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciência (CONAPESC)**, 2016.

UNESCO. São os humanos, não as máquinas, que criam significado. **Unesco, 2014**. Disponível em: < <https://pt.unesco.org/courier/2018-3/sao-os-humanos-nao-maquinas-que-criam-significado>>. Acesso em: 19, junho de 2022.

URBINATI, A.; BOGERS, M.; CHIESA, V.; FRATTINI, F. Creating and capturing value from Big Data: A multiple-case-study analysis of provider companies. **Technovation**, 84-85, p. 21-36, 2019.

ZADEH, L. A. Fuzzy logic. in **Computer**, vol. 21, no. 4, 83-93, 1988, DOI: 10.1109/2.53.