DOI: 10.5748/19CONTECSI/PSE/SOC/7026

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) E ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA AGENDA 2030 DE PESQUISAS

Brauer Brayan Koren
BSUP - Business School at Positivo University

Andre Takeshi Yamamoto Miyazima
BSUP - Business School at Positivo University

Allan Luiz Fernandes Bonacina
BSUP - Business School at Positivo University

Luiz Pinheiro ; https://orcid.org/0000-0002-3018-5072
BSUP - Business School at Positivo University

ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) AND RENEWABLE ENERGY: A 2030 RESEARCH AGENDA

ABSTRACT

Artificial intelligence seeks to optimize the resolution of society's problems. In this sense, the objective of this article is to analyze the status quo of the use of artificial intelligence in the renewable energy sector. For this, we reviewed the literature on the subject in the databases: Web of Science and Scopus, using the quantitative method. In this project, articles that act directly on the relationship between AI and renewable energies were analyzed, for greater understanding, graphic illustrations were created using the travel map and matadornetwork software. The analysis of the data presented allows us to affirm that China has been predominant in research related to the topic, and a recent increase in interest in these fields is also clear. It is concluded that the publications focus on measuring the results of the application of artificial intelligence, creating productive analyzes of energy plants, identifying how they can help decision making and understanding of demand. Future research that seeks to expand AI applications in this context is suggested.

Keywords: Artificial Intelligence, AI, Job, Work, Renewable Energy.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) E ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA AGENDA 2030 DE PESQUISAS

RESUMO

A inteligência artificial busca otimizar a resolução de problemas da sociedade. Neste sentido o objetivo desse artigo é analisar o status quo da utilização da inteligência artificial no setor das energias renováveis. Para isso, revisamos a literatura sobre o assunto nas bases de dados: Web of Science e Scopus, utilizando o método quantitativo. Neste projeto foram analisados artigos que atuam diretamente sobre a relação das IA e as energias renováveis, para maior entendimento foram criadas ilustrações gráficas através do software travel map e matadornetwork. A análise dos dados apresentados nos permite afirmar que a China vem sendo predominante nas pesquisas relacionadas ao tema, é nítido também um recente aumento no interesse por estes campos. Conclui-se que as publicações concentram-se em mensurar os resultados da aplicação das inteligências artificiais, criar análises produtivas de plantas de energia, identificar como podem auxiliar a tomada de decisão e compreensão de demanda. Sugerem-se pesquisas futuras que busquem ampliar as aplicações de AI neste contexto.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, IA, Cleantechs, Energia Renovável.

1 INTRODUÇÃO

O domínio das energias tem permitido um profundo avanço em todos os campos da vida humana (Pasquini, C., 2020). Tem, por outro lado, gerado um alto impacto poluente ao planeta e, consequentemente, alterações climáticas, devido à utilização majoritária de fontes não renováveis de energia, (Owusu, Phebe & Sarkodie, Samuel, 2016).

A fim de discutir o agravamento dessas mudanças climáticas globais, encontrar soluções para os problemas ambientais que afetam o planeta e negociar acordos, a conferência mais conhecida, United Nations Climate Change Conference (UNFCCC) acontece anualmente desde 1995 (Kuyper, Jonathan; Schroeder, Heike & Linnér, Bjorn, 2018). Estas conferências resultaram em importantes ações políticas para enfrentar as alterações climáticas, incluindo o Protocolo de Quioto e o Acordo de Paris de 2015. Com a finalidade de nortear as ações humanas para um futuro sustentável, foi criada também a Agenda 2030, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que por si contemplam 169 metas, criadas para erradicar a miséria e promover uma vida digna a todos sem comprometer a qualidade de vida de gerações futuras, o que, por sua vez, torna-se imprescindível que o planeta seja sustentável (A/RES/70/1).

Este estudo possui como pilares os ODS's "Energia Limpa e Acessível" (7) e "Indústria, Inovação e Infraestrutura" (9). Principalmente, o ODS 7 que almeja "Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos" (ONU, 2022), o desafio para alcançar esse objetivo é da transição ou fim da utilização de fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis para energias limpas.

Fontes renováveis de energia podem ser baseadas em: bioenergia, energia hídrica, energia geotérmica, energia solar, energia eólica e oceânica (maré e energia das ondas), (Liao, Chuan; Erbaugh, James; Kelly, Allison & Agrawal, Arun, 2021). Tester (2005) define a energia sustentável como, "uma harmonia dinâmica entre a disponibilidade equitativa de bens e serviços de energia intensiva para todas as pessoas e a preservação da terra para as gerações futuras", e apesar de possuírem um custo mais elevado e menor eficiência na conversão de matéria em energia, possuem números ínfimos de geração de poluentes.

A fim de transpassar essas barreiras de custo e menor eficiência é necessário que as empresas do setor estejam alinhadas às melhores práticas e ferramentas, como é o caso das IAs, que permitem um controle, análise, auxílio na tomada de decisão, mecanismos de predição dentre outras inúmeras capacidades sem precedentes na história (Ahmad, Tanveer et al., 2021), devido a alta tecnologia envolvida sua utilização no setor de energias renováveis é capaz de gerar uma significativa evolução no cenário (Essl, A et al., 2017), através de robótica inteligente para produção de infra-estruturas, monitorização da rede, melhor integração das energias renováveis, e principalmente, da capacidade de continuamente processar dados, inclusive gerando o auto aprimoramento do sistema.

Historicamente, a inteligência artificial tem se mostrado promissora na resolução de problemas postos à ela, inclusive demonstra a capacidade de fornecer otimização a sistemas de predição de tempo, mesmo sem dados meteorológicos extensos de longo prazo (Bhandari, B et al., 2015). Dessa forma, a aplicação de tal recurso no setor de energias renováveis tende a ser promissor de diversas formas (Sunil Kr. Jha et al., 2017), incluindo na manutenção e operação dos recursos, monitoração da estrutura de geração de energia, segurança dos sistemas e no desenvolvimento dos designs (International Energy Agency, 2017). No escopo de sistemas tecnológicos existem: IoT, BigData IA, Blockchain, que por sua vez, podem ou não trabalhar em conjunto para alcançar diferentes níveis de automação, quanto mais elevada a complexidade do sistema e problemas que essa integração busca solucionar, maior o desafio em manter essa cadeia em funcionamento (Rhodes, 2020).

Embora haja uma imensa importância de tratar a respeito do aprimoramento dos usos e aplicação de energias renováveis, ainda se debate e se publica muito pouco a respeito de sua promissora ligação com as inteligências artificiais.

Diante do exposto, este estudo busca responder a seguinte questão de pesquisa: Qual é o status das publicações sobre o uso de inteligências artificiais em empresas dentro do setor de energia renovável? O objetivo dessa pesquisa é investigar: é analisar o status quo da utilização da inteligência artificial no setor das energias renováveis. O artigo está estruturado primeiramente num breve referencial teórico, detalha-se a metodologia e análise dos achados. Dessa forma, busca-se compreender qual a atual situação dessa relação e seus possíveis desdobramentos futuros, para isso utilizamos duas difundidas fontes de pesquisa, a Web of Science e Scopus, onde através de diversas filtragens chegamos à artigos que abordam diretamente o tema.

2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) & ENERGIA RENOVÁVEL

Em decorrência de nossos avanços científicos e tecnológicos o consumo de energia vem se tornando cada vez mais crescente, a utilização de energias de fonte renovável devido às suas particularidades tem se sido cada vez mais crucial para a sustentabilidade do desenvolvimento humano, atualmente 88% das principais fontes de recurso energéticos é proveniente de combustíveis fósseis como óleo e carvão, sendo assim se considerarmos a atual taxa de consumo de energia, e as capacidades de armazenamento de energia existentes, a raça humana só poderia manter seu desenvolvimento por 160 anos, assim sendo é natural que haja uma busca pela substituição destas energias sujas por energias limpas, principalmente quando levamos em conta a capacidade das energias renováveis de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa no sistema de produção de energia (Shenghui Z et al., 2022).

No entanto devido à sua alta imprevisibilidade produtiva, decorrente das mais variáveis alterações climáticas, é necessário que haja um preciso método de análise e previsão, e a inteligência artificial vem demonstrando a capacidade de fornecer uma boa otimização a estes sistemas, mesmo sem dados meteorológicos extensos de longo prazo (Bhandari, B et al., 2015).

O uso das inteligências artificiais possui um grande potencial dentro do setor de energias renováveis puras e híbridas, e sua implementação vem se tornando cada vez mais necessária, principalmente quando analisamos a conjuntura dos sistemas das energias renováveis híbridas. As AIs irão gerar uma melhoria de desempenho adicional para as fontes de energia renováveis, promovendo assim um mundo mais próspero (Sunil Kr. Jha et al., 2017).

Além disso seus usos dentro do setor de energia podem ser os mais variados, sendo capaz de gerar previsões de demanda, estoque de energia, formação de preços e sua volatilidade, e as mais minuciosas previsões de disponibilidade de recursos energéticos, tal como de formação de nuvem, irradiação solar e térmica, velocidade de entrada e saída dos ventos, pressão atmosférica, dentre outras possibilidades, fazendo tudo isso de maneira mais eficiente que modelos matemáticos, já pode aprender relações não lineares a partir de dados e, portanto, oferece mais flexibilidade (Naumzik, C., & Feuerriegel, S., 2020).

Essa capacidade de auto aprimoramento mencionada é uma forte vantagem para as inteligências artificiais, como no caso das ANN/RNA, que em paralelo ao desenvolvimento do próximo relatório de previsão, podem ainda utilizar dados históricos para retreinar. Isto significa que, ao invés de ser treinada através de uma janela de dados específica e constante, a ANN/RNA retreina incessantemente usando os dados de uma janela móvel de comprimento variável. (Manjili, Y.S et al., 2017).

O setor das energias renováveis está se desenvolvendo rapidamente, alinhado à necessidade de transição energética de fontes não renováveis para fontes limpas. Contudo, uma mudança de sistemas seculares é um grande desafio. Dessa forma, o papel da inteligência artificial no setor da energia torna-se fundamental para uma evolução escalável e precisa, através de robótica inteligente para produção de infraestruturas e energia monitorização da rede, melhor integração das energias renováveis, um aumento significativo da IOT (Internet

of Things) na indústria energética, prevenção de cyber ataques, etc. Evidência que o aumento da computação voltada para energia é capaz de solucionar muitos problemas na indústria energética, assim como criar uma gama imensurável de possibilidades benéficas (Ahmad, T et al., 2021).

A necessidade urgente de criar soluções mais sustentáveis e amigas do meio ambiente, oferece um escopo de ações inovadoras para o setor de energia renovável, mas isso não significa que o setor é isento de demandas no desenvolvimento para melhorar e oferecer um serviço, qualitativo e quantitativo mais eficiente. No exemplo da energia fotovoltaica, é influenciada por inúmeros fatores, como a radiação, inclinação dos módulos, condições climáticas e localização, isso não afeta apenas a produção de energia, mas também os custos de manutenção. Isso é de especial importância para evitar uma possível instabilidade na rede central de energia fotovoltaica. Além de contribuir para melhorias na gestão de operação de redes elétricas que utilizam energia fotovoltaica. Devido sua importância, 4 métodos científicos foram estabelecidos para a estimativa precisa de radiação solar, são eles, os modelos físicos, os tradicionais baseados em estatísticas, os modelos híbridos e os baseados em redes neurais de inteligência artificial Kada B., 2020).

O método de Rede Neural Artificial (RNA) é usado no lugar de métodos analíticos, visto que estes causam muitos incômodos por requererem suposições simplificadoras. A técnica tem provado ser uma ferramenta muito útil nos mais diferentes sistemas em condições do mundo real, sem envolver grandes problemas matemáticos em comparação com outras técnicas lineares, não lineares e difusas. Métodos baseados no modelo RNA têm atraído a atenção de cientistas e pesquisadores ao redor do mundo nos últimos anos, sendo assim, estes métodos foram aplicados em uma grande escala de campos para a predição em sistemas de energia e vem provando sua melhor performance nesta área (Kada B., 2020).

No caso da União Europeia, a qual vem adaptando-se nas últimas décadas e, em 2014 alcançou sua rede única de energia, entendendo a importância das energias renováveis em redes elétricas, porém, para promover as energias renováveis e garantir segurança do abastecimento, fontes nacionais de energia renovável - Esquemas de apoio à eletricidade (RES-E) e mecanismos de capacidade nacional estão causando sérias ameaças de fragmentação no mercado europeu de eletricidade, devido a desafios enfrentados para esta integração neste mercado. A Comissão reconheceu a necessidade de uma abordagem de apoio às RES-E na Europa (Kaveri K., 2015).

Sistemas elétricos de potência vêm ganhando cada vez mais importância nas áreas de pesquisa do tema, sendo assim tem a necessidade de adaptar-se ao cenário político-econômico que envolve a produção e distribuição de energia. As preocupações na área ambiental movem empresas e governos a investirem no avanço do uso na geração de energia elétrica utilizando fontes renováveis e não poluentes. Diversos objetivos foram encontrados para que o sistema funcione com todas as suas funcionalidades necessárias, sendo assim, precisam ser atendidos, e será imperativo integrar as redes elétricas a um conjunto de tecnologias relacionadas com telecomunicações, controle, sensores, atuadores, inteligência artificial dentre outras, necessárias para se prover um sistema de controle operando sobre a rede. Este por sua vez, será responsável por monitorar o estado do sistema elétrico e transmitir os dados auferidos para sistemas especialistas responsáveis pela tomada de decisão sobre a execução de determinada funcionalidade da rede elétrica, e também outras decisões ligadas a rede (Oliveira Saraiva, F., & Asada, E. N., 2013).

A partir dessa literatura, o setor de energia parece estar em uma encruzilhada, mas os desenvolvimentos tecnológicos têm o potencial de mudar drasticamente nosso suprimento, comércio e consumo de energia. O novo modelo é alimentado pela tecnologia de inteligência artificial (IA), a qual controlará de forma autônoma por software inteligente que otimiza a tomada de decisão e operações na integração da oferta de energia, demanda e fontes renováveis na rede elétrica. A IA desempenha um papel fundamental para atingir esse objetivo. Através de estudos, novos aplicativos de última geração, desafios e papéis globais na

formulação de políticas, será possível obter grandes progressos neste campo de estudo, explorando como as técnicas de IA superam os modelos tradicionais em controlabilidade, manipulação de big data, prevenção de ataques cibernéticos, rede inteligente, IoT, robótica, eficiência energética otimização, controle de manutenção preditiva, eficiência computacional, e *machine learning*. A IA está se tornando um facilitador essencial de um setor de energia complexo, novo e relacionado a dados, fornecendo uma ferramenta chave para aumentar o desempenho e a eficiência operacional necessária (Ahmad, T et al., 2021).

3 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo de revisão sistemática de literatura, foram realizadas buscas por artigos publicados em diversas revistas e congressos do campo brasileiro e mundial. Para isso utilizamos as bases de dados Web of Science e SCOPUS, que apresentam em escala global uma grande quantidade de trabalhos relevantes dentro dos mais diversos campos de atuação conforme a Tabela 1.

				Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3	Filtro 4
Data de pesquisa	Base de dados	Key words aplicadas	Resultados	Áreas de Business, Management (ADM), Ciências Sociais Aplicadas, Adm Pública e Gestão	Tópico, Título, Resumo, Palavras-chave	Realizado leitura dos textos e verificado associação com o tema	Realizado leitura completa dos textos e catalogados
04/04/22	Web of science	"artificial intelligence" and "renewable energy"	1.516	34	12	10	4 removidos por não associação ao tema
04/04/22	Scopus	"artificial intelligence" and "renewable energy"	1.446	65	18	16	
Total			Merge: 2962	Merge: 99	Merge: 30	26	**26**

Tabela 1 – Levantamento de publicações acerca de AI e RE
Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

Os artigos revisados foram os publicados desde o ano 0 até 04 de Abril de 2022, como demonstrado na tabela acima. No primeiro passo para a realização desta pesquisa buscamos as palavras-chave "artificial intelligence" e "renewable energy", inteligência artificial e energia renovável respectivamente. Após isso, observamos a quantidade de 2.962 artigos publicados, dentro dos mais diversos campos de pesquisa. Posteriormente estipulamos uma primeira filtragem, limitando os estudos a áreas de Business, Management (ADM), Ciências Sociais Aplicadas, Adm. Pública e Gestão, resultando em um total de 99 artigos.

No 2º filtro foram levados em conta apenas as publicações que relacionavam as palavras-chave em seus tópicos, títulos, resumos ou palavras-chave, decorrente disso obtivemos um total de 30 artigos, a serem lidos e verificados para garantir sua associação ao tema. Subsequentemente os 26 artigos qualificados foram catalogados e pontuados de acordo com os 18 critérios apresentados no quadro 1:

Base de dados	Universidade	Local	Autor

Publicação	Título	Método/tipo publicação	Conclusões
Palavras-chave	País Investigado	Nome da Revista ou Congresso	Objetivo
Tema	Área	Amostra/Entrevistados	Dados usados
Referências Seminais	Citações		

Quadro 1 – Critérios pautados na Revisão da Literatura sobre AI e RE
Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

4 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ainda não há uma extensa literatura produzida a respeito das relações diretas entre os usos de IA no setor de energias renováveis, no entanto é notável que a partir do primeiro estudo catalogado a respeito do tema em 2013, pelo artigo brasileiro intitulado "Decision making in intelligent electrical systems using distributed artificial intelligence and heuristic methods" há um crescente interesse pela área.

Como demonstrado na Figura 1, passa a haver interesse no tema em 2013 que não gera maiores efeitos até o ano de 2017. Então em 2020 as pesquisas atingem seu auge, com 7 publicações, voltando posteriormente em 2021 a mesma marca de 4 artigos, já atingida nos anos de 2017 e 2019. Até a data de 04 de Abril de 2022 não tivemos novas publicações.

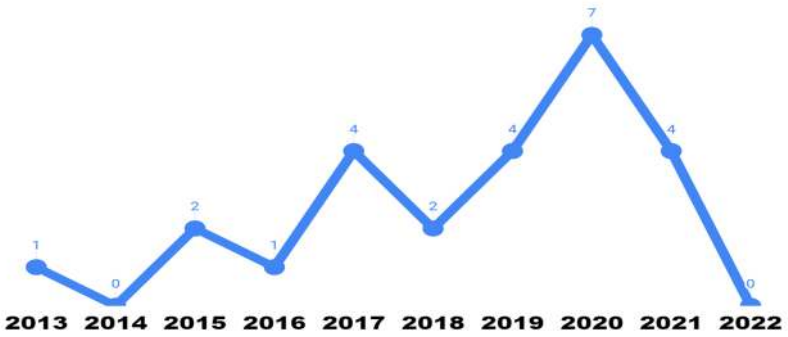


Figura 1 – Número de publicações acerca de AI e RE
Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

A Sumy State University, localizada em Sumy na Ucrânia vem sendo a mais ativa nas pesquisas relacionadas, tendo 5 autores de publicações que abordam diretamente a proposta, no entanto estes autores foram todos responsáveis por um mesmo artigo.

Instituição	**Nº de autores**
Sumy State University	5
Seoul National University	4
Federal University of Minas Gerais	4
Cardiff University	4
University of Engineering and Management, Kolkata, India	3
Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE	3

University of Macau	3

Tabela 2 – Instituições e seus números de autores no seguimento de AI e RE
Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Enquanto as universidades Cardiff University do Reino Unido e University of Macao localizada na China, coordenaram 2 pesquisas, as demais universidades seguem somente com um estudo publicado.

O número de Journals ou Congressos a publicar também é bastante similar, tendo o Journal of Cleaner Production como seu maior publicador, ele já reúne 4 papers e é seguido pelo International Journal of Energy Sector Management, que possui 2 papers. As demais revistas e congressos não ultrapassam a marca de uma publicação.

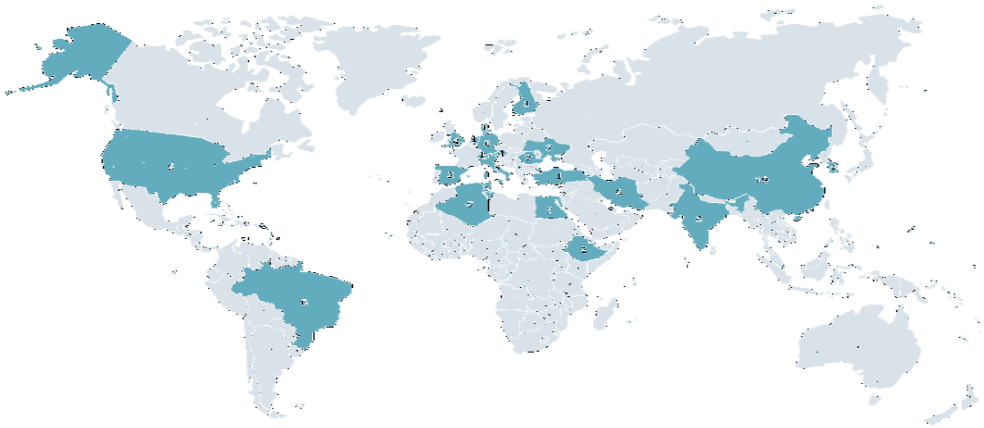
Foram também analisadas as nacionalidade das instituições de ensino e quantos autores ligados a estas universidades fizeram publicações, como é visto na figura 2 e na tabela 3, o país com maior quantidade de autores publicando na área é a china, tendo 19 autores no total, 10 a mais que a Índia, que tem a segunda colocação com 9 autores, que é seguida pela Ucrânia com 7 e pelos Estados Unidos, Alemanha, Irã e Brasil com 6.

Paises	**Nº de autores**
China	19
India	9
Ucrania	7
USA	6
Alemanha	6
irã	6
Brasil	6
Algeria	5
Coreia do sul	4
Austria	4
Reino unido	4

Tabela 3 – Países e seus números de autores no seguimento de AI e RE
Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

Figura 2 – Países e seus números de autores no seguimento de AI e RE
Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

Outro fato constatado é a não existência de autores que realizaram mais de uma pesquisa na área.



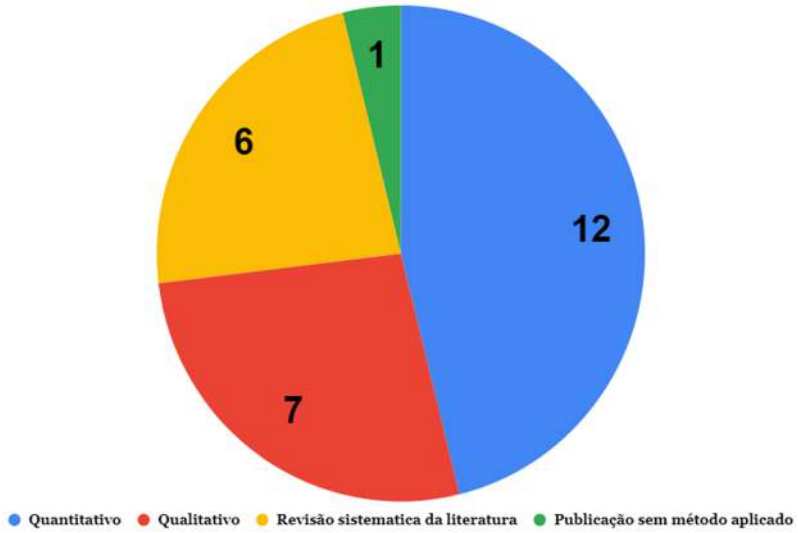


Figura 3 – Métodos de publicações no seguimento de AI e RE
Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O número de publicações na área nos últimos 5 anos e 4 meses representa 80,76% de toda a literatura existente sobre o assunto. Demonstrando assim, a ascensão do tema no meio acadêmico e científico. China, Índia e Ucrânia lideram na quantidade de autores que publicaram a respeito da relação entre as inteligências artificiais e as energias renováveis, sendo em sua maioria estudos quantitativos (46,15%). Dada a novidade sobre o assunto e as incertezas relacionadas à eficiência das IAs no âmbito energético, estudos quantitativos demonstram ser mais propícios, visto que, trazem maior segurança por produzirem dados concretos acerca dos indicadores mais importantes e comumente analisados.

Tal potencial pode auxiliar na luta contra as crescentes degradações do ambiente, que são em grande parte causadas pela utilização de fontes não limpas de energia e contribuem para as atuais mudanças climáticas, criando a necessidade de uma transição energética. Porém, a produção de energia renovável sofre com a imprevisibilidade de suas fontes produtivas, assim como de predição de consumo e prevenção de equipamento.

Por outro lado, sua integração às inteligências artificiais promove diversos benefícios, já que demonstram melhor potencial preditivo que de métodos matemáticos, o que contribui para maior assertividade de suas capacidades produtivas, predição de suas demandas energéticas e de manutenção, assim auxiliando o sistema de tomada de decisão possibilitando também a redução de custos para empresas e consumidores. Outra vertente encontrada é a possibilidade de integração às redes de distribuição de energias inteligentes, chamados de smart-grids, a junção entre ambas ferramentas demonstrou alta sinergia e potencial.

Tais competências contribuem para a evolução e viabilização do uso das energias renováveis, que uma vez consolidadas, devem utilizar as melhores práticas disponíveis. Tornando no futuro, imprescindível, o uso das inteligências artificiais nesse setor. Para os próximos avanços tanto no desenvolvimento e maturação das IAs no âmbito energético é necessário que estudos científicos permaneçam crescentes e intensifiquem-se, a fim de garantir um maior entendimento sobre essas dinâmicas.

Esta pesquisa possui limitações e fragilidades, é possível observar que o filtro aplicado ainda na primeira etapa elimina uma série de artigos de áreas especializadas no tema, e, portanto, mais capazes de demonstrar detalhadamente os resultados das IAs. também não houve a presença de predições.

Esta pesquisa não está isenta de limitações, visto que a área de estudo é recente e ainda pouco explorada. Dessa forma, alguns conceitos apresentados podem não transcrever a realidade de sua aplicação, outro ponto é que a maioria dos artigos revisados trata do assunto a partir de modelos teóricos ou simulações em sistemas controlados, portanto sua aplicabilidade pode não ser igualmente eficaz quanto nos estudos apresentados. Porém, apesar das limitações, o estudo foi capaz de evidenciar que a relação entre a inteligência artificial e sua ligação a empresas do setor de energias renováveis existe e sua tendência é de se intensificarem.

REFERÊNCIAS

Ahmad, M. W., Reynolds, J., & Rezgui, Y. (2018). Predictive modelling for solar thermal energy systems: A comparison of support vector regression, random forest, extra trees and regression trees. Journal of cleaner production, 203, 810-821.

Ahmad, T., Zhang, D., Huang, C., Zhang, H., Dai, N., Song, Y., & Chen, H. (2021). Artificial intelligence in sustainable energy industry: Status Quo, challenges and opportunities. Journal of Cleaner Production, 289, 125834

Aminifar, F., Teimourzadeh, S., Shahsavari, A., Savaghebi, M., & Golsorkhi, M. S. (2021). Machine learning for protection of distribution networks and power electronics-interfaced systems. The Electricity Journal, 34(1), 106886.

Aziza, H., & Krichen, S. (2020, February). Optimization of workflow scheduling in an energy-aware cloud environment. In 2020 International Multi-Conference on:"Organization of Knowledge and Advanced Technologies"(OCTA) (pp. 1-5). IEEE.

Bhandari, B., Lee, K. T., Lee, G. Y., Cho, Y. M., & Ahn, S. H. (2015). Optimization of hybrid renewable energy power systems: A review. International journal of precision engineering and manufacturing-green technology, 2(1), 99-112.

Bouchouicha, K., Bailek, N., Razagui, A., Mohamed, E. S., Bellaoui, M., & Bachari, N. E. I. (2020). Comparison of artificial intelligence and empirical models for energy production estimation of 20 MWp solar photovoltaic plant at the Saharan Medium of Algeria. International Journal of Energy Sector Management.

Buturache, A. N., & Stancu, S. (2021, December). The use of artificial neural networks and big data infrastructure for predictive analytics in solar energy. In Proceedings of the International Conference on Business Excellence (Vol. 15, No. 1, pp. 292-301).
Coro, G., & Trumpy, E. (2020). Predicting geographical suitability of geothermal power plants. Journal of Cleaner Production, 267, 121874.

Dai, C., Tang, M., Liu, Y., He, J., Yang, Z., & Yang, Y. (2020, August). Designing Smart Energy Network Ecosystem for Integrated energy services in urban areas. In 2020 IEEE 16th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) (pp. 305-310). IEEE.

de Oliveira Saraiva, F., & Asada, E. N. (2013, April). Decision making in intelligent electrical systems using distributed artificial intelligence and heuristic methods. In 2013 IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Latin America) (pp. 1-7). IEEE.

Essl, A., Ortner, A., Haas, R., & Hettegger, P. (2017, June). Machine learning analysis for a flexibility energy approach towards renewable energy integration with dynamic forecasting of electricity balancing power. In 2017 14th International Conference on the European Energy Market (EEM) (pp. 1-6). IEEE.

Iychettira, K. K., Linares, P., & Hakvoort, R. A. (2015, May). Harmonising RES-E support schemes using design elements. In 2015 12th International Conference on the European Energy Market (EEM) (pp. 1-5). IEEE.
Jain, A., & Huddar, A. P. (2019). Multi-objective-based robust unit commitment using hydro-thermal-wind: A hybrid technique. International Journal of Energy Sector Management, 13(4), 804-827.

Khosravi, A., Koury, R. N. N., Machado, L., & Pabon, J. J. G. (2018). Prediction of hourly solar radiation in Abu Musa Island using machine learning algorithms. Journal of Cleaner Production, 176, 63-75.

Kothapalli B., Reddy K. R., Kumar M. S., Rajender B. (2019). Execution of artificial neural networks based controller for the finalized loop control for decrease in the switching losses. International Journal of Recent Technology and Engineering.

Lösch, A., & Schneider, C. (2016). Transforming power/knowledge apparatuses: the smart grid in the German energy transition. Innovation: The European Journal of Social Science Research, 29(3), 262-284.

Majumdar, D., Banerji, P. K., & Chakrabarti, S. (2018). Disruptive technology and disruptive innovation: ignore at your peril!. Technology Analysis & Strategic Management, 30(11), 1247-1255.

Manjili, Y. S., Vega, R., & Jamshidi, M. M. (2017). Data-analytic-based adaptive solar energy forecasting framework. IEEE Systems Journal, 12(1), 285-296.

Melnyk, L., Dehtyarova, I., Kubatko, O., Karintseva, O., & Derykolenko, A. (2019). Disruptive technologies for the transition of digital economies towards sustainability. Економічний часопис-XXI, (9-10), 22-30.

Mingshu, L., Tianran, L., & Hui, H. (2021, April). Summary of Research on Cascading Failures under the New Circumstances. In 2021 6th Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE) (pp. 178-182). IEEE.

Naumzik, C., & Feuerriegel, S. (2020). Forecasting electricity prices with machine learning: predictor sensitivity. International Journal of Energy Sector Management.

Reichert, S., & Strüker, J. (2016, July). Assessment of business benefits for the operation of a smart City energy management platform. In International Conference on Business Information Systems (pp. 260-270). Springer, Cham.

Sharifi, M., Pool, J. K., Jalilvand, M. R., Tabaeeian, R. A., & Jooybari, M. G. (2019). Forecasting of advertising effectiveness for renewable energy technologies: A neural network analysis. Technological Forecasting and Social Change, 143, 154-161.

Tsegaye, S., Shewarega, F., & Bekele, G. (2020). A Review on Security Constrained Economic Dispatch of Integrated Renewable Energy Systems. EAI Endorsed Transactions on Energy Web, 8(32), e13.

Zhang, S., Wang, C., Liao, P., Xiao, L., & Fu, T. (2022). Wind speed forecasting based on model selection, fuzzy cluster, and multi-objective algorithm and wind energy simulation by Betz's theory. Expert Systems with Applications, 193, 116509.

Борисяк, О., & Брич, В. (2021). Methodological Approach to Assessing the Management Model of Promoting Green Energy Services in the Context of Development Smart Energy Grids. Financial and credit activity problems of theory and practice, 4(39), 302-309.

Chuan Liao, James T. Erbaugh, Allison C. Kelly, Arun Agrawal (2021). Clean energy transitions and human well-being outcomes in Lower and Middle Income Countries: A systematic review Renewable and Sustainable Energy Reviews 145 (2021) 111063

Kuyper, J., Schroeder, H., & Linnér, B. O. (2018). The Evolution of the UNFCCC. Annual Review of Environment and Resources, 43, 343-368.

Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. Cogent Eng 3: 1167990.

Pasquini, N. C. (2020). Revoluções Industriais: uma abordagem conceitual. Revista Tecnológica da Fatec Americana, 8(01), 29-44.

Tester, J. W., Drake, E. M., Driscoll, M. J., Golay, M. W., & Peters, W. A. (2012). Sustainable energy: choosing among options. MIT press.