

Perspectiva de Uso da Inteligência Artificial (IA) para a Eficiência Energética em Prédios Públicos

Perspective on the Use of Artificial Intelligence for Energy Efficiency in Public Buildings

Marcelo Pereira Justino¹

Fernando Selleri Silva¹

Olivan da Silva Rabelo²

¹Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, MT, Brasil

²Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil

Resumo

Este trabalho realizou o levantamento do uso de Inteligência Artificial (IA) para a gestão de eficiência energética em prédios públicos. Utilizou-se da abordagem qualitativa, com objetivo exploratório sobre o tema em questão, apoiando-se na pesquisa bibliográfica, em bases de publicações científicas e documentais, em órgãos do governo brasileiro sobre eficiência energética e prospecção tecnológica. As palavras-chave utilizadas foram “artificial intelligence AND energy efficiency AND public buildings”, a busca na Scopus retornou 1.459 artigos referentes ao objeto deste trabalho. A maioria dos documentos por afiliações pertence a instituições de ensino chinesas e europeias, embora tenha se notado que os Estados Unidos ocupam a primeira posição em número de publicações por país. Quanto à prospecção tecnológica, a maioria das patentes pertence, também, a universidades, mas, neste caso, a China se destaca. Como Inteligência Artificial é um termo abrangente, isso possibilita o desenvolvimento de trabalhos futuros com maior aprofundamento em um ramo específico da IA.

Palavras-chave: Aprendizado de Máquina. Automação. Edificações Públicas.

Abstract

This paper aimed to survey the use of artificial intelligence (AI) for energy efficiency management in public buildings. It used the qualitative approach, with exploratory objective on the subject in question, relying on bibliographic research, in the basis of scientific and documentary publications, in Brazilian government agencies on energy efficiency, and technological prospection. The keywords used were “artificial intelligence AND energy efficiency AND public buildings”, the search in Scopus returned 1,459 articles referring to the object of work. Most affiliate documents belong to Chinese and European educational institutions, although the United States ranks first in number of publications by country. As for technological prospection, most patents also belong to universities, but in this case, especially China. Because artificial intelligence is a broad term, it enables the development of future work in greater depth in a specific branch of AI.

Keywords: Machine Learning. Automation. Public Buildings.

Área Tecnológica: Administração. Inovação Tecnológica. Automação de Ambiente.



1 Introdução

A Inteligência Artificial (IA) e a Eficiência Energética (EE) se tornaram termos em evidência nos últimos anos, embora sejam objetos de pesquisas há várias décadas. A IA busca por meio de recursos computacionais, desenvolver dispositivos ou mecanismos que se aproximem da capacidade humana, tanto em pensar como em solucionar problemas (KESWANI, 2013). Já a eficiência energética preza pelo consumo consciente de energia elétrica principalmente nas edificações, uma vez que os edifícios são responsáveis por boa parte do consumo de energia, se comparados com outros setores econômicos. Estima-se que os edifícios representam de 30% a 45% da demanda mundial de energia elétrica, podendo variar de país para país. E, dentro do segmento de edifícios comerciais, destacam-se os de escritórios e os prédios de universidades como os maiores vilões no uso de energia (GUL; PATIDAR, 2015).

A Inteligência artificial engloba várias vertentes do ramo da computação, como: *machine learning*, *deep learning*, lógica *fuzzy*, entre outras. Nesse sentido, conceitua-se como a computação onipresente podendo ser aplicada em automação residencial ou comercial, tornando os sistemas capazes de aprender e reagir às ações do usuário, permitindo um maior controle no uso de energia elétrica, conforto e segurança (HENRÍQUEZ; PALMA, 2011).

De acordo com o relatório da World Energy Council (2019), 27% da emissão direta de gases de efeito estufa estão atribuídos aos prédios e às indústrias. No Brasil, a soma do consumo de energia elétrica nas residências, indústrias e nos comércios chega a 84% do total.

Partindo do ponto que os prédios representam boa parte do consumo energético e com o aumento da população urbana mundial, é compreensível que novas tecnologias possam desempenhar papel fundamental para a sustentabilidade energética. Os dispositivos que mais consomem energia elétrica em prédios, independentemente do seu tipo, estão relacionados com iluminação e climatização (SOARES *et al.*, 2017). Acredita-se que os aparelhos de ar-condicionado respondem por metade do consumo de energia elétrica em prédios públicos, e a iluminação por cerca de um quarto do total. Com o objetivo de melhorar o rendimento do uso desses aparelhos, visando à eficiência energética, surgem os prédios inteligentes, ou *smart buildings*, que são construções com características de baixo consumo de energia e com responsabilidade ambiental (MORENO *et al.*, 2016). Diante do exposto, a questão de pesquisa que surge é: a Inteligência Artificial está sendo utilizada para a eficiência energética em prédios públicos?

Este trabalho tem por objetivo fazer um levantamento do uso da inteligência artificial empregada em prédios públicos, visando à eficiência energética no consumo de energia elétrica, com foco em iluminação e em climatização de ambiente.

Nas próximas seções serão abordados: Referencial Teórico, descrevendo o estado da técnica quanto à IA e à eficiência energética; Metodologia, apontando os meios utilizados para a obtenção dos dados; Resultados e Discussão, detalhando as informações obtidas e seus tratamentos; e Conclusão, fazendo apontamentos em relação à atualidade do tema objeto deste trabalho.

2 Referencial Teórico

Esta seção relata o estado da técnica quanto à inteligência artificial e à eficiência energética, constituindo o referencial teórico deste trabalho. O próximo item refere-se às políticas brasileiras para a eficiência energética. E, por fim, apresenta-se a lei nacional de eficiência energética.

2.1 Inteligência Artificial

É uma área da Ciência da Computação que busca criar mecanismos para que os computadores se assemelhem ao ser humano, tanto na forma de pensar como na de agir de maneira inteligente. A Inteligência Artificial é um tema amplo e adaptável, se relacionando, basicamente, com todas as áreas do conhecimento. Nos últimos tempos, a IA tem sido objeto de trabalho por grande parte dos pesquisadores da área (GOMES, 2011).

Para Makridakis (2017), o objetivo das pesquisas em IA é ensinar os computadores para que pensem por si mesmos e possam propor soluções para atividades corriqueiras. Mas as dúvidas ainda são muitas quanto à possibilidade de pensar das máquinas, embora existam sinais de inteligência.

Por outro lado, as máquinas já vêm oferecendo diversas melhorias para a humanidade. Em um passado não muito distante, crises de comida, guerras e pandemias eram mais frequentes, afetando boa parte da população e causando inúmeras mortes. Graças à Revolução Industrial o padrão de vida das pessoas melhorou, e a revolução digital, principalmente a partir da década de 1990, contribuiu para o aumento de empregos, com postos de trabalho mais atraentes e confortáveis. Dando continuidade a essas melhorias, a revolução da Inteligência Artificial promete a expansão de riquezas. Hoje, é mais comum as pessoas morrerem por excesso de comida do que por fome; cometerem suicídios do que serem mortas por soldados e terroristas ou morrerem por idade avançada do que por doenças infecciosas (MAKRIDAKIS, 2017).

A informação é corroborada por Poola (2017), quando ele afirma que a IA de hoje está projetada para resolver pequenas tarefas como reconhecimento facial, direção de veículo autônomo, entre outras atividades menores. Mas, futuramente, poderá ser construída uma super IA abrangendo várias áreas que superem os humanos na resolução de atividades complexas. Atividades estas apontadas por Keswani (2013) como capacidade de: conhecimento e aprendizagem, fazendo com que se possa julgar e compreender relacionamentos, gerando conclusões originais.

Em se tratando da corrida pela liderança em IA, a China está focada em ser a líder mundial nessa área até 2030. A vantagem da China sobre as demais nações está relacionada ao empenho governamental e ao grande poder de inovação. Somado a esses fatores, a China possui mais de 700 milhões de usuários conectados, gerando uma enorme quantidade de dados para treinar algoritmos de IA. As políticas de incentivo do governo favoreceram inovações, e gigantes da internet, como Baidu, Tencent e Alibaba, aproveitaram a oportunidade para expandir e oferecer novas tecnologias (TSE, 2017).

Nos últimos anos, a inteligência artificial vem crescendo cada vez mais rápido, e não é surpresa. A partir de 2010, a IA cresceu a uma taxa de quase 60% ao ano. Com base nos trabalhos publicados de 2011 a 2015, os cinco países que se destacam em IA são: China (41 mil artigos), Estados Unidos da América (25,5 mil artigos), Japão (11,7 mil artigos), Reino Unido (10,1 mil artigos) e Alemanha (8,0 mil artigos). O número de habitantes desses países pode ter uma relação direta com a quantidade de trabalhos publicados, embora não seja a única métrica (JACOBSEN, 2018).

Quanto à economia, estima-se que a inteligência artificial movimentará algo próximo de U\$ 15 trilhões de dólares até 2030 em todo o mundo. Na América Latina estão sendo enfrentados três desafios para que a IA possa ser utilizada pela sociedade como um todo: políticas, capacidade e recursos. Apenas dois países desenvolveram ou estão desenvolvendo, até o momento, políticas estratégicas para uso da IA: México e Uruguai (MILLER *et al.*, 2019).

2.2 Eficiência Energética

A eficiência energética em eletricidade se aproxima muito do racionamento de energia. O que difere um termo do outro, em sua execução, é a qualidade do produto ou do serviço. A eficiência energética consiste em conseguir os mesmos resultados, ou superiores, mas com consumo mínimo de energia e sem prejudicar a produção ou o conforto. Por exemplo, desligar as luzes ao sair do ambiente, substituir um aparelho antigo por um mais econômico ou redimensionar o espaço físico climatizado de um ambiente para atender à demanda de público (SEBRAE, 2015).

De acordo com Da Silva (2017), desde os anos de 1980 que o Brasil vem aplicando sistematicamente estímulos para a eficiência energética, com destaque para o ano de 1985, quando foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e de responsabilidade da Eletrobrás.

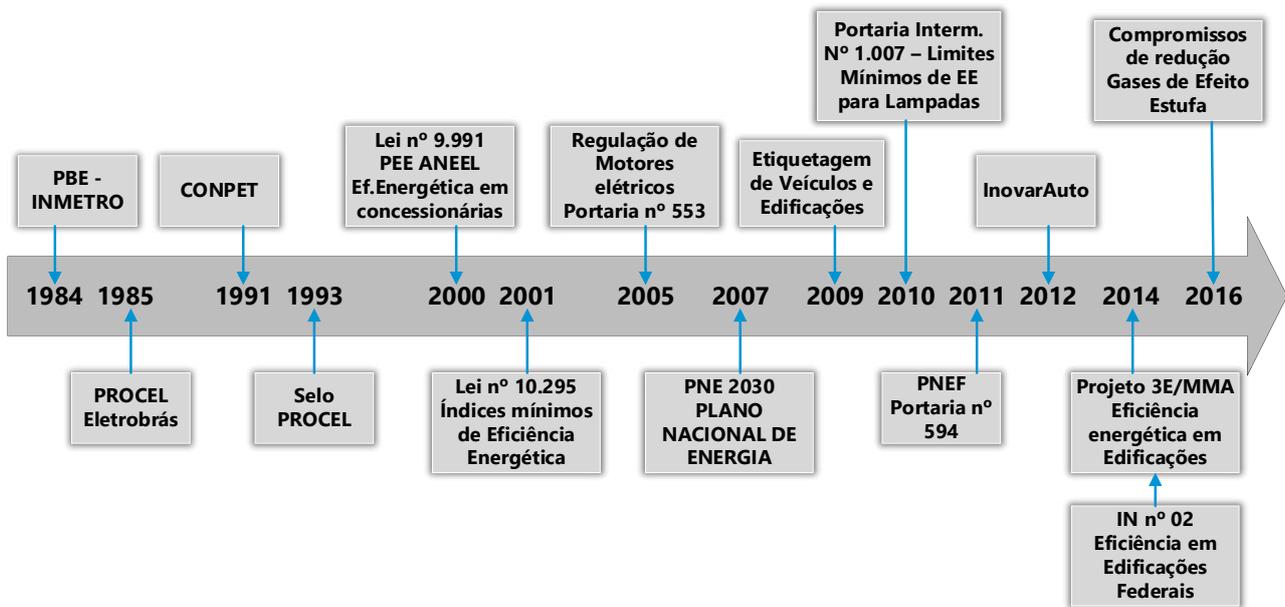
O uso consciente de energia elétrica reflete em inúmeras vantagens, por exemplo, postergar a construção de novas fontes geradoras, poupando recursos para outras áreas e preservando o meio ambiente (DA SILVA, 2017).

2.3 Políticas Governamentais para a Eficiência Energética

Com o interesse mundial cada vez maior em promover o desenvolvimento sustentável, as políticas econômicas pretendem atender aos anseios da atual geração, mas sem afetar as necessidades das gerações futuras. Nesse sentido, para que um país possa ser eficiente em recursos energéticos, é necessário que suas políticas energéticas visem à eficiência energética (NASCIMENTO, 2015).

A Figura 1 apresenta as principais políticas de conservação e de eficiência energética implementadas no Brasil desde 1984.

Figura 1 – Políticas de Eficiência Energética Nacional – 1984 a 2016



Fonte: Adaptada de EPE (2017)

Uma das medidas adotadas com a implementação da Lei de Eficiência Energética (Lei n. 10.295/2001), por meio do Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e atribuído ao Procel, trata-se do desenvolvimento do Selo Procel que promove a busca por eficiência energética em produtos. Partindo dessa premissa, o Procel implementou parâmetros para iluminação eficiente, banindo as lâmpadas incandescentes do mercado (PROCELINFO, 2018).

O Ministério de Minas e Energia, por meio da Portaria n. 594/2011, institucionalizou o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEF) incluindo a eficiência energética no planejamento estratégico do setor energético de forma abrangente e cumprindo as metas estabelecidas pelo Plano Nacional de Energia (PNE 2030), criado em 2007 (NASCIMENTO, 2015).

Outra ação implantada é o projeto Procel Educação, que tem como intuito promover conhecimento, incentivando condutas pertinentes e qualificação profissional para a eficiência energética, por meio de diversas abordagens junto às escolas e comunidades acadêmicas, incentivando o desenvolvimento científico, profissional e habitual, no sentido de estimular a redução de desperdício de energia elétrica e uma maior eficiência energética. Além disso, o Procelinfo aponta que o projeto Procel Educação colabora para os resultados em todas as estratégias e políticas implementadas no Brasil em eficiência energética. O relatório Procel 2018 afirma também que os termos mais buscados no portal foram: “ar-condicionado”, “eficiência energética”, “tecnologia LED”, “lâmpadas”, “iluminação pública”, “iluminação”, “consumo de energia” e “geladeira” (PROCELINFO, 2018).

2.4 Lei Brasileira de Eficiência Energética

A Lei de Eficiência Energética (Lei n. 10.295/2001) trata da conservação e do uso racional de energia e dá outras providências. Entre essas disposições, aponta níveis de eficiência energética para máquinas e dispositivos consumidores de energia fabricados ou comercializados no Brasil, além de mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações (BRASIL, 2001).

Instituída pelo governo brasileiro para atender à política energética nacional, essa lei incentiva o desenvolvimento tecnológico com foco em desenvolvimento de produtos mais eficientes e na preservação ambiental (PROCELINFO, 2018).

Com a publicação da Lei n. 10.295/2001, o próximo passo foi a promulgação do Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001, regulamentando a lei e criando o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), que, entre suas atribuições, a principal é promover regulação específica para os diversos tipos de equipamentos e máquinas consumidoras de energia (NASCIMENTO, 2015).

3 Metodologia

Este trabalho tem natureza aplicada e busca adquirir novos conhecimentos orientados por abordagem qualitativa e objetivo exploratório, utilizando-se de técnicas de pesquisas em bases bibliográficas e documentais, além de prospecção tecnológica em bases de documentos de patentes nacional e internacionais (CASARIN; CASARIN, 2012).

Com relação à abordagem, a pesquisa qualitativa não leva em consideração a quantificação dos objetos, colocando em segundo plano a mensuração dos modelos matemáticos e estatísticos. Já os objetivos da pesquisa têm o propósito de expor um fato, diferenciando-o e relacionando-o com outros valores. Busca-se também explicar sua ocorrência com base em exemplos contextuais variados e não em modelos empíricos (CASARIN; CASARIN, 2012).

Quanto aos métodos, a pesquisa tem caráter bibliográfico e documental, com buscas em publicações científicas e em bases de patentes, tanto nacional quanto internacional (CASARIN; CASARIN, 2012). A base brasileira de documentos de patentes é o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), já as bases internacionais que foram utilizadas são: Patentscope (WIPO) e Patent Inspiration. As bases de publicações científicas consultadas foram: Scopus, Science Direct e Web of Science, além de documentos de órgãos do governo brasileiro relacionados com eficiência energética, sendo estes: Procelinfo, Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e Ministério de Minas e Energia (MME).

As buscas foram realizadas por meio das palavras “Inteligência Artificial”, “Eficiência Energética” e “Prédios Públicos”, nas bases de publicações científicas e nas bases de patentes, utilizando-se operadores booleanos. Nas bases internacionais foram utilizados os termos em inglês: “*Artificial Intelligence*”, “*Energy Efficiency*” e “*Public Buildings*”. Os termos anteriores, concatenados com o operador “AND”, apresentaram as seguintes combinações: (“*Artificial Intelligence*” AND “*Energy Efficiency*”) e (“*Artificial Intelligence*” AND “*Energy Efficiency*” AND “*Public Buildings*”). As buscas nas bases foram realizadas em 30 de junho de 2019.

Nas bases de publicações científicas, as buscas foram realizadas na aba de busca avançada com as mesmas combinações anteriores, tanto em título e em resumo como nas palavras-chave dos artigos, sem delimitar períodos. O acesso às bases científicas foi possível graças ao serviço oferecido pela plataforma da Comunidade Acadêmica Federada (CAFe), pertencente ao Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), órgão este vinculado ao Ministério da Educação do Governo Federal.

4 Resultados e Discussão

Esta seção apresenta o resultado da busca efetuada em bases de publicações científicas e nos bancos de documentos de patente nacional e internacionais.

Os resultados estão divididos em seções como: Análise das buscas em bases de publicações científicas; Possíveis aplicações da IA para eficiência energética; e Análise das buscas em bases de patentes.

4.1 Buscas Realizadas em Bases de Publicações Científicas

De posse dos resultados encontrados nas bases científicas, foi possível construir a Tabela 1, na qual são apresentados os quantitativos de artigos abordando o assunto de acordo com as palavras-chave utilizadas na busca. Foram exploradas três bases científicas. A Scopus foi a que apresentou maior número de trabalhos, na somatória das palavras-chave, 59.755, seguida pela Science Direct, 22.305, e Web of Science com 1.477.

Tabela 1 – Número de publicações científicas encontradas nas bases através de palavras-chave

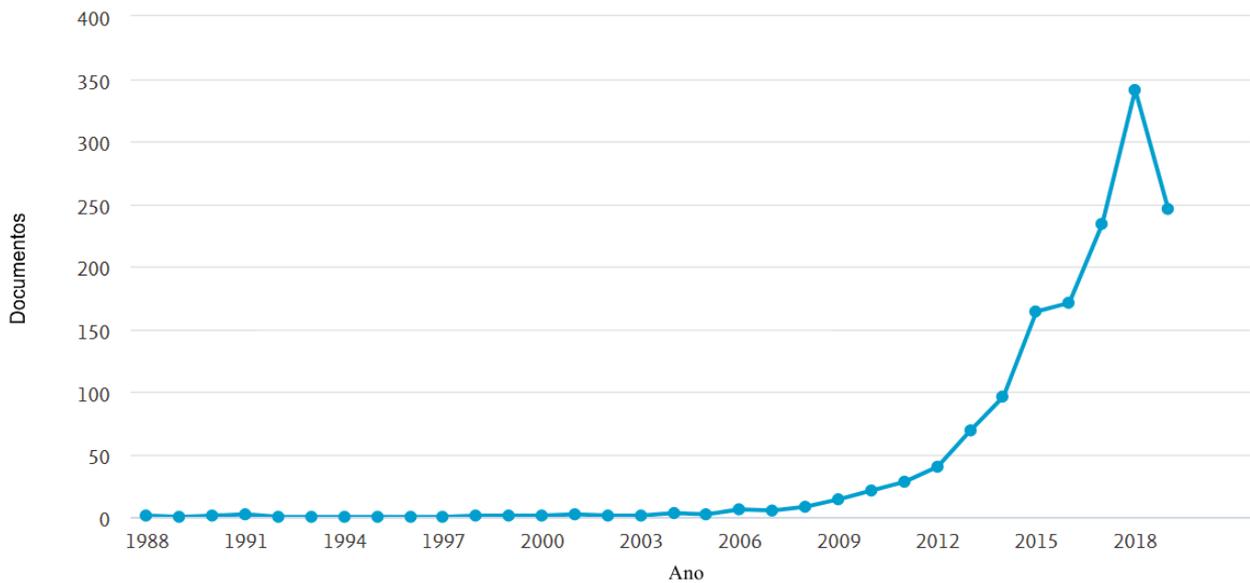
PALAVRAS-CHAVE	BASES DE PUBLICAÇÕES		
	SCOPUS	SCIENCE DIRECT	WEB OF SCIENCE
artificial intelligence AND energy efficiency	56.708	18.455	1.468
artificial intelligence AND energy efficiency AND public buildings	3.047	3.850	9
Total	59.755	22.305	1.477

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2019)

Na base Scopus, utilizando-se todas as palavras-chave “*artificial intelligence AND energy efficiency AND public buildings*”, a busca retornou 3.047 documentos referentes ao objeto do trabalho. Como o objetivo deste trabalho se baseia em trabalhos científicos, foi aplicado um filtro para tal, resultando 1.459 artigos, sendo 334 de acesso livre.

A Figura 2 apresenta o número de trabalhos publicados por ano, na qual se nota uma curva crescente a partir de 2008 e mais acentuada a partir de 2012, sendo que a projeção para 2019 é superar o ano anterior, com 341 artigos.

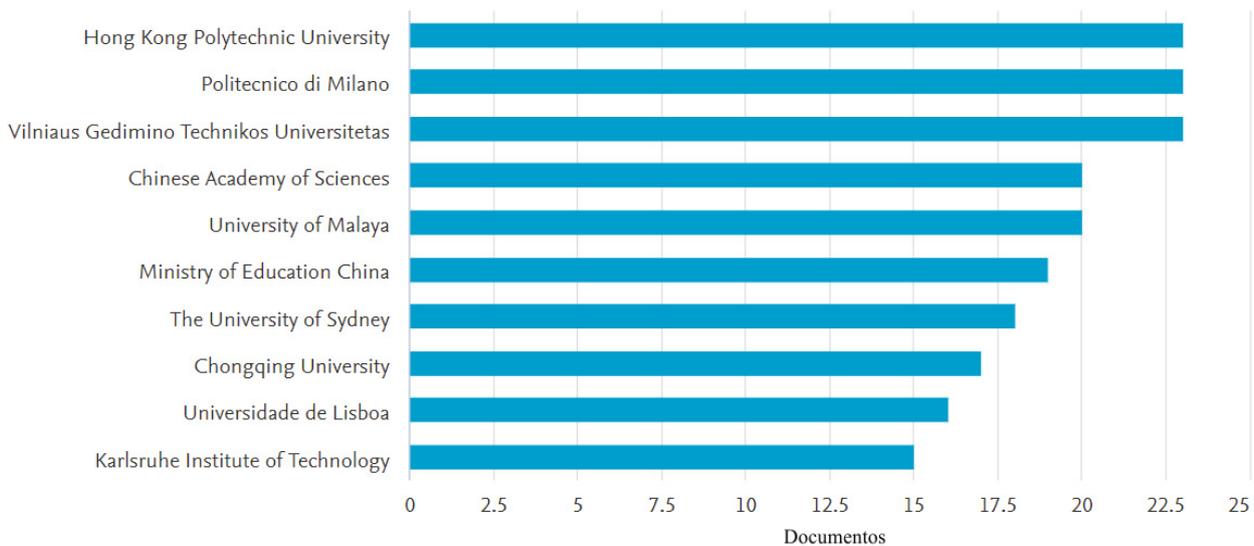
Figura 2 – Número de publicações científicas por ano



Fonte: Base de dados da Scopus (2019)

Quanto às afiliações, a Figura 3 mostra as instituições que mais publicaram artigos. As 10 melhores colocadas estão relacionadas com a academia chinesa e a europeia. As três primeiras instituições estão empatadas com 23 documentos cada, sendo ocupadas por China e Itália. O Brasil não aparece entre as primeiras posições, apresentando apenas seis artigos para a Universidade Federal de Santa Catarina e cinco artigos para a Universidade Estadual de Campinas. Essas informações demonstram o interesse da academia no desenvolvimento de ferramentas que se utilizam de algum método de inteligência artificial, visando à eficiência energética em edificações.

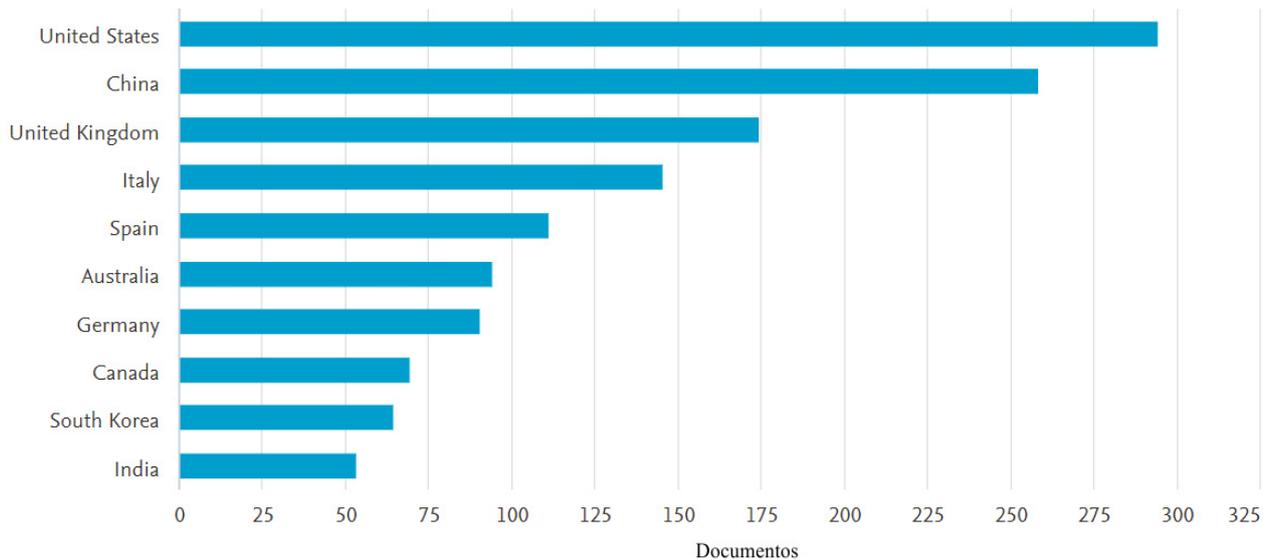
Figura 3 – As 10 instituições que mais publicaram e seus quantitativos



Fonte: Base de dados da Scopus (2019)

Ao refinar a busca na base Scopus selecionando-se somente artigos, o resultado cai para 1.459 documentos referentes ao tema deste trabalho. A Figura 4 mostra os países que mais publicaram documentos científicos, sendo a primeira posição ocupada pelos Estados Unidos, com 294 registros, seguido pela China (259) e Reino Unido (175). O Brasil aparece na 13ª posição, com 41 documentos.

Figura 4 – Número de documentos publicados por país



Fonte: Base de dados da Scopus (2019)

Ao analisar o resultado da busca pelas subáreas de conhecimento, Engenharia aparece com mais de 24%, Ciência da Computação com quase 19% e Energia representa pouco mais de 10% do total de artigos.

Os gráficos permitem observar que houve expressivo aumento na produção acadêmica associado à inteligência artificial e à eficiência energética até a data atual, principalmente a partir de 2012.

4.2 Buscas Realizadas em Bases de Patentes

Foram realizadas buscas em bases internacionais e nacionais de documentos de patente para se compreender o alcance das tecnologias já desenvolvidas em eficiência energética baseadas em inteligência artificial, sobretudo para prédios públicos.

Uma das melhores formas de medir o avanço científico e tecnológico, além de garantir a propriedade intelectual, é por meio do documento de patente, estimulando a inovação e, conseqüentemente, a disponibilização de novos produtos no mercado (FLORENCIO *et al.*, 2017).

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos na base nacional e em bases internacionais de documento de patente, de acordo com as palavras-chave utilizadas.

Tabela 2 – Número de documentos encontrados por bases de patente

PALAVRAS-CHAVE	BASES DE PATENTE		
	INPI	PATENT INSPIRATION	PATENT SCOPE
artificial intelligence AND energy efficiency	0	162	46
artificial intelligence AND energy efficiency AND public buildings	0	1	1
Total	0	163	47

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2019)

Na base de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI), o resultado da busca foi zero, uma vez que, no Brasil, as proteções de tecnologias relacionadas à informática são depositadas como Registro de Programa de Computador, diferentemente de outros países que as protegem como patente.

Ao realizar a mesma busca na base de Programas de Computador do INPI, foram encontrados 10 resultados para “inteligência artificial” e sete para “eficiência energética”, mas nenhum deles se relacionam em si, resultando em zero trabalhos para os termos “*inteligência artificial AND eficiência energética AND prédio público*”.

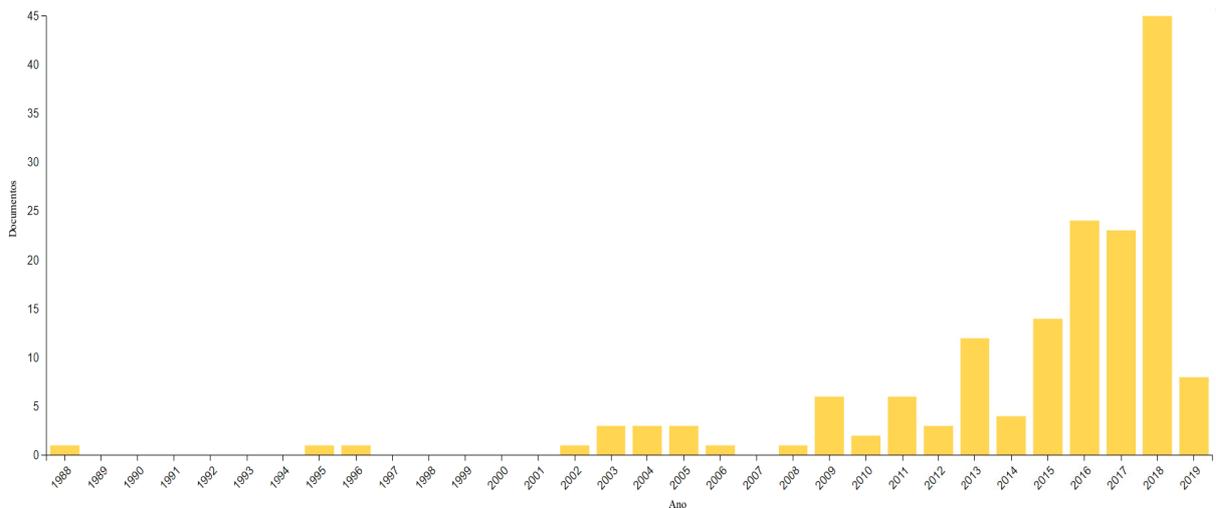
Analisando o resultado da busca na base Patentscope, dos 46 documentos encontrados, 22 são chineses. O país com o segundo maior número de documentos é os Estados Unidos, com quatro patentes.

Já a busca na base Patent Inspiration retornou 162 documentos para os termos “*artificial intelligence AND energy efficiency*”. Ao refinar a busca, adicionando-se o termo “*public buildings*”, o resultado foi semelhante ao apresentado na base do Patentscope, resultando em apenas uma patente. Essa patente pertence a uma organização chinesa, sendo desenvolvida por dois inventores e publicada neste ano de 2019 com o número CN109190836.

Com base no total geral, quando foram classificadas as patentes pelas seções utilizadas na Classificação Internacional de Patentes (IPC), notou-se que a maioria dos documentos está na seção G (Física) e nas subseções G06 (Cômputo, Cálculo e Contagem) e G05 (Controle, Regulagem).

A Patent Inspiration mostra que a primeira patente publicada data de 1988, conforme apresentado na Figura 5, embora documentos que realmente tratam dos termos da busca apareçam de 2002 em diante.

Figura 5 – Número de patentes publicadas por ano



Fonte: Patent Inspiration (2019)

O ano de 2018 aparece com o maior número de patentes publicadas (45), sendo que, entre as primeiras colocações, todas são ocupadas por universidades ou centros de ensino.

4.3 Possíveis Aplicações da IA para Eficiência Energética

A grande dificuldade em projetar e em operar prédios com eficiência energética está na previsão da demanda de energia. Dificuldade esta que durante muitos anos foi solucionada por meio da engenharia por programas de computador. Embora os programas consigam ter precisão, os valores podem variar de um para outro. O desenvolvimento de um modelo padrão apresenta certa complexidade e depende de maior esforço, pois envolve conhecimentos multidisciplinares e uma quantia enorme de variáveis dependentes do perfil de uso do edifício. As ferramentas atuais para estimar o desempenho energético em prédios ainda não permitem o uso eficiente quanto à influência das variáveis que incidem sobre os parâmetros observados, que constituem a avaliação do clima em edifícios. Em busca de resultados mais eficazes, novos métodos estão sendo desenvolvidos para a previsão de demanda de energia (WEGLARZ, 2018).

Existem várias técnicas que buscam melhorar os resultados da previsão do consumo de energia em prédios, como citado por Li, Dong e Wang (2015), quando eles propõem um algoritmo hibridizado adaptativo baseado em lógica fuzzy. Tsanas e Xifara (2012) apresentam uma técnica para estimar a demanda por resfriamento ou aquecimento de edificações residenciais, chamada *random forest*. Além dessas técnicas, outras de *machine learning* são apresentadas como soluções para previsão de demanda energética, como: rede neural artificial (RNA), regressão vetorial de suporte (RVS), árvore de classificação e regressão (CART), regressão linear geral (GLR) e sistemas hibridizados. A aprendizagem de máquina apresenta melhor resultado quando a abordagem utiliza um conjunto de algoritmos inter-relacionados, mostrando, assim, que o uso de sistemas especialistas e as bases de dados com informações sobre materiais e legislação permitem que projetistas escolham as melhores soluções alternativas para a eficiência energética (WEGLARZ, 2018).

Outra dificuldade inerente à eficiência energética em prédios que utilizam a inteligência artificial é a operacionalização de sistemas de climatização, como: aquecimento, ventilação e ar-condicionado. Nesse sentido, para buscar soluções quanto ao conforto de aquecimento ou refrigeração, conforto visual e qualidade do ar interno, são utilizadas técnicas de IA, como: redes neurais, algoritmos genéticos, lógica difusa, sistemas especialistas e outras. É possível o uso da IA na gestão de energia em prédios com índice de eficiência energética. Esse uso tem mais proximidade com a avaliação comportamental das pessoas que usam as instalações e fornece parâmetros para a melhor regulamentação dos sistemas técnicos da edificação (WEGLARZ, 2018).

Para otimizar o uso dos condicionadores de ar e minimizando o consumo de energia, surge o conceito de prédios inteligentes, com responsabilidade ambiental. O uso de um sistema especialista para gestão do ambiente pode gerenciar temperatura, umidade e presença de pessoas para acionamento do ar-condicionado ou regulagem da temperatura, entre outras funções. Da mesma forma, a iluminação do ambiente será acionada mediante a presença de pessoas e se desligará quando elas saírem, permitindo, assim, um menor consumo de energia elétrica e a melhor eficiência energética dos aparelhos (SOARES *et al.*, 2017).

Na América Latina existem grandes reservas de hidrocarbonetos e, além do potencial hidrelétrico, há também o eólico e o fotovoltaico. No deserto do Atacama e região, Bolívia, Peru e Chile, a incidência de raios solares favorece a geração de energia elétrica. Por outro lado, o Brasil tem um enorme potencial eólico para geração de energia elétrica à noite, com ventos constantes em todo o litoral, complementando a geração diurna dos países vizinhos e fornecendo eletricidade dia e noite. O potencial traz vantagens entre os países da região para que utilizem os recursos energéticos, possibilitando a inserção de novas tecnologias para o desenvolvimento de energias renováveis (WORLD ENERGY COUNCIL, 2019).

5 Considerações Finais

O uso do termo “inteligência artificial” não esgota as buscas sobre sistemas inteligentes para eficiência energética em prédios públicos, já que o termo é muito amplo, possibilitando a utilização de outras nomenclaturas como: *machine learning*, aprendizado de máquina, sistemas especialistas e outros.

A Inteligência Artificial pode mudar a forma como os governos prestam serviços à sociedade. Em todo o mundo, governos já vêm implementando essa ferramenta para melhorar suas ações e as prestações de serviços, melhorando a eficiência, economizando tempo, recursos financeiros e oferecendo serviços de melhor qualidade.

Nota-se que a publicação de pesquisas em IA é maior no Hemisfério Norte do que no Hemisfério Sul. E na América se destacam os Estados Unidos e o Canadá. Essa disparidade de investimento em inteligência artificial faz com que os países do Sul corram o risco de não serem beneficiados com os frutos da quarta revolução industrial.

O uso de métodos de inteligência artificial, de forma individual ou em conjunto, possibilita bons resultados, otimizando o tempo de análise de materiais a serem utilizados, de conceitos de estrutura e de arquitetura e de conceitos de eficiência energética. Com o avanço da tecnologia nos últimos anos, principalmente nos métodos de Inteligência Artificial, surgiram novas ferramentas que buscam a eficiência energética em vários setores. É possível observar pelo

resultado deste trabalho que há espaço para a implementação de técnicas para a melhoria no uso de energia elétrica em prédios públicos mediante a utilização da inteligência artificial, uma vez que poucos documentos de patente atendem aos termos buscados.

No Brasil, os trabalhos sobre inteligência artificial para a eficiência energética estão sendo realizados por universidades, mas algumas medidas já estão sendo tomadas por parte das companhias distribuidoras de energia elétrica, como: uso de medidores inteligentes, com controle desses equipamentos a distância, sistemas automatizados, entre outras tecnologias, além de priorizar as fontes de energias renováveis.

Referências

- BRASIL. **Lei n. 10. 295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. 2001.
- CASARIN, H. D. C. S.; CASARIN, S. J. **Pesquisa Científica: da teoria à prática**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2012.
- DA SILVA, J. L. **Controle eficiente com ferramentas de inteligência artificial em um sistema de exaustão**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2017.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ELÉTRICA. **Figura 1**. 2017.
- FLORENCIO, M. N. da S. *et al.* Prospecção Tecnológica: um estudo sobre os depósitos de patentes em nanobiotecnologia. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 2, p. 315-326, 2017.
- GOMES, D. D. S. Inteligência Artificial: Conceitos e Aplicações. **Olhar Científico**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 234-246, 2011.
- GUL, M. S.; PATIDAR, S. Understanding the energy consumption and occupancy of a multi-purpose academic building. **Energy and Buildings**, [S.l.], v. 87, p. 155-165, 2015.
- HENRÍQUEZ, M. R.; PALMA, P. A. Automatic Control of Environmental Conditions in Domotics using Artificial Neural Networks. **Información tecnológica**, [S.l.], v. 22, n. 3, p. 125-139, 2011.
- JACOBSEN, B. **5 Countries Leading the Way in AI**. [2018]. Disponível em: <https://www.futuresplatform.com/blog/5-countries-leading-way-ai-artificial-intelligence-machine-learning>. Acesso em: 7 out. 2019.
- KESWANI, G. G. Artificial Intelligence- Is Our Future Bright or Bleak. **International Journal of Engineering and Advanced Technology**, [S.l.], v. 2, n. 4, p. 348, 2013.
- LI, S. L.; DONG, Y. G.; WANG, L. Z. Fuzzy Inference Algorithm based on Quantitative Association Rules. **Procedia Computer Science**, Complex Adaptive Systems San Jose, CA November 2-4, v. 61, p. 388-394, 2015.
- MAKRIDAKIS, S. The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. **Futures**, [S.l.], v. 90, p. 46-60, 2017.
- MILLER, H. *et al.* **Government AI Readiness Index 2019**. London, England: Oxford Insights, 2019. Disponível em: <https://www.oxfordinsights.com/ai-readiness2019>. Acesso em: 7 out. 2019.
- MORENO, M. V. *et al.* Big data: the key to energy efficiency in smart buildings. **Soft Computing**, [S.l.], v. 20, n. 5, p. 1.749-1.762, 2016.

NASCIMENTO, R. L. **Política de eficiência energética no Brasil**. Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2015.

POOLA, I. How Artificial Intelligence is Impacting Real life Everyday. **International Journal of Advance Research and Development**, [S.l.], v. 2, n. 10, p. 96, 2017.

PROCELINFO. **Resultados PROCEL 2018, ano base 2017**. Rio de Janeiro: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 2018. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2018/>. Acesso em: 25 maio 2019.

SEBRAE. **Sustentabilidade nos pequenos negócios: Eficiência Energética**. 2. ed. Cuiabá: Instituto Envolverde; Sebrae, 2015.

SOARES, B. *et al.* Um Sistema para Gerenciamento Automático e Eficiência Energética em Prédios Inteligentes. **Dimap**, [S.l.], p. 10, 2017.

TSANAS, A.; XIFARA, A. Accurate quantitative estimation of energy performance of residential buildings using statistical machine learning tools. **Energy and Buildings**, [S.l.], v. 49, p. 560-567, 2012.

TSE, E. Inside China's quest to become the global leader in AI. **Jornal**. [2017]. Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/news/theworldpost/wp/2017/10/19/inside-chinas-quest-to-become-the-global-leader-in-ai/?noredirect=on>. Acesso em: 7 out. 2019.

WĘGLARZ, A. Using Artificial Intelligence in energy efficient construction. **E3S Web of Conferences**, [S.l.], v. 49, p. 9, 2018.

WORLD ENERGY COUNCIL. **World Energy Issues Monitor 2019**. London: WEC, 2019. Disponível em: <http://www.worldenergy.org>. Acesso em: 26 maio. 2019.

Sobre os Autores

Marcelo Pereira Justino

E-mail: marcelopereira@unemat.br

Especialista em MBA em Gestão Estratégica da Inovação pela Universidade Federal de Mato Grosso (2012).

Endereço profissional: Supervisão de Processamento de Dados, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Caixa Postal 92, Barra do Bugres, MT. CEP: 78390-000.

Fernando Selleri Silva

E-mail: selleri@unemat.br

Doutorado em Ciência da Computação pelo Centro de Informática (CIn) da Universidade Federal de Pernambuco (2015).

Endereço profissional: Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Caixa Postal 92, Barra do Bugres, MT. CEP: 78390-000.

Olivan da Silva Rabelo

E-mail: olivanrabelo@gmail.com

Doutorado em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Pernambuco (2015).

Endereço profissional: Faculdade de Administração e Ciências Contábeis, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, MT. CEP: 78060-900.