

PROSPECÇÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE SISTEMAS DE POLIGERAÇÃO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR

Gabriel Valverde da Silva Pinto - gabrielvalverde@ifba.edu.br

Program of Postgraduate in Product and System Engineering - PPGESP - IFBA, Salvador, Brasil

Antônio Gabriel Souza Almeida - gabrielalmeida@ifba.edu.br

Program of Postgraduate in Product and System Engineering - PPGESP - IFBA, Salvador, Brasil

Marcelo Santana Silva - marcelosilva@ifba.edu.br

Program of Postgraduate in Product and System Engineering - PPGESP - IFBA, Salvador, Brasil

Rilton Gonçalo Bonfim Primo - rilton@ufba.br

Program of Postgraduate in Industrial Engineering - PEI – UFBA, Salvador, Brasil

Resumo- Diante das mudanças climáticas extremas que o mundo está passando, uma das frentes da busca pela sustentabilidade é a transição energética para uma matriz energética mundial baseada em fontes de energia renováveis, tanto para o setor de transporte quanto para indústria, comércio e residências. Uma das fontes de energia renovável que tem sido alternativa e tem apresentado um crescimento no mundo e no Brasil é a energia solar. Entretanto não basta mudar a matriz energética, mas é necessário também garantir um melhor aproveitamento possível da energia solar, não limitando-a à geração de energia elétrica. Sistemas de poligeração são uma opção viável para o melhor aproveitamento da energia solar, com um grande enfoque na eficiência energética. Portanto esse artigo realizou uma prospecção bibliométrica sobre sistemas de poligeração utilizando energia solar na Coleção Principal da Web of Science, buscando por artigos entre 2008 e 2023, encontrando 70 artigos sobre poligeração e 25 sobre poligeração utilizando energia solar, demonstrando uma baixa presença de trabalhos brasileiros relacionada ao tema de busca nessa base de dados.

Palavras-chave- Bibliometria, Climatização, Energia Térmica, Sustentabilidade.

Abstract- Faced with the extreme /climate changes the world is experiencing, one of the fronts in the quest for sustainability is the energy transition to a global energy matrix based on renewable energy sources, both for the transportation sector and for industry, commerce and homes. One of the renewable energy sources that has been an alternative and has shown growth in the world and in Brazil is solar energy. However, it is not enough to change the energy matrix, but it is also necessary to guarantee the best possible use of solar energy, not limiting it to the generation of electricity. Polygeneration systems are a viable option for making better use of solar energy, with a strong focus on energy efficiency. Therefore, this article carried out a bibliometric survey on polygeneration systems using solar energy in the Web of Science Main Collection, searching for articles between 2008 and 2023, finding 70 articles on polygeneration and 25 on polygeneration using solar energy, demonstrating a low presence of Brazilian works related to the search topic in this database.

Keywords- Bibliometrics, Air conditioning, Thermal energy, Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

O mundo contemporâneo vive uma preocupação coletiva com os modos de vida social e econômico e os seus impactos ambientais causados ao planeta. As sucessivas agressões ao meio ambiente são uma pauta discutida mundialmente pela primeira vez em 1972, na Conferência de Estocolmo, e segue sendo tema debatido, devido ao desequilíbrio ambiental, com efeitos climáticos devastadores como o aumento da temperatura média do planeta e, conseqüentemente, das fortes ondas de calor que podem ser fatais no futuro.

No curto prazo, todas as regiões do mundo deverão enfrentar novos aumentos nos riscos climáticos, aumentando os riscos múltiplos para os ecossistemas e para os seres humanos. Os perigos e riscos associados esperados no curto prazo incluem um aumento na mortalidade humana relacionada ao calor e morbidade relacionados ao calor, doenças transmitidas por alimentos, pela água e por vetores e desafios à saúde mental, inundações em cidades e regiões costeiras e outras cidades e regiões de baixa altitude, perda de biodiversidade em ecossistemas terrestres, de água doce e oceânicos, e uma diminuição na produção de alimentos em algumas regiões (IPCC, 2023, p. 15).

A demanda por bens de consumo duráveis e não duráveis acelerou-se no decorrer do tempo com o crescimento populacional mundial. Para supri-la, o ser humano passou a utilizar os recursos naturais renováveis e não-renováveis de uma maneira não-sustentável. A energia, em suas várias formas (química, elétrica, térmica) é basilar para sobrevivência humana e para sua evolução. O domínio do fogo pelo *homo herectus*, permitiu à época a sobrevivência em baixas temperaturas e o surgimento das máquinas a vapor na primeira revolução industrial, tornando a produção de bens de consumo teoricamente escalável para a população, aumentando por consequência a qualidade da vida humana. O uso da energia elétrica na segunda revolução industrial aumentou a produtividade da indústria e acelerou ainda mais o desenvolvimento tecnológico, melhorando a expectativa de vida.

Contudo, as formas de geração de energia elétrica podem ter impacto significativo no meio ambiente, e ao longo dos anos vem trazendo danos, alguns deles irreversíveis. A energia elétrica é essencial para a vida humana atual, e além da busca por uma forma de geração com menor impacto ao meio ambiente, há o caminho do melhor emprego dela. A utilização da energia com o melhor aproveitamento possível também deve também fazer parte da busca por um planeta sustentável. Sistemas de poligeração, onde a partir de uma fonte energética é gerada energia em duas formas ou mais, é um exemplo de melhor aproveitamento da energia. Aliando a um sistema de poligeração uma fonte energética renovável, como a energia presente na radiação solar, caminha-se tanto para uma transição de matriz energética, quanto para um melhor aproveitamento no uso da energia.

Para tanto, a seguir será apresentado o referencial teórico que embasará o presente artigo, seguido da metodologia utilizada no processo de prospecção bibliométrica e posterior análise e discussão dos resultados encontrados, finalizando-o com as conclusões finais e referências utilizadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente a energia elétrica é essencial para o mundo tecnológico, sendo necessária para a existência da sociedade como um todo. Entretanto a matriz elétrica mundial atual, segundo dados obtidos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), é baseada hegemonicamente em fontes não renováveis (cerca de 85 %). Como exposto no Balanço Energético Nacional de 2023, onde “O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a fonte hídrica” (EPE, 2023, p. 13). A busca por uma maneira sustentável de ocupação humana na terra passa por uma necessária etapa de transição energética para maior utilização de fontes renováveis na matriz energética mundial.

“As fontes renováveis representam 88 % da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável” (EPE, 2023, p. 13). Contudo grande parcela dessa energia é oriunda de geração hidroelétrica, que possui grande dependência dos regimes de chuva para manutenção dos níveis dos

reservatórios. Logo, há a necessidade de adequação do consumo de energia tendo como um dos guias o melhor aproveitamento possível na utilização, trazendo à luz a importância da eficiência energética.

“Em geral, a eficiência energética é definida como o consumo de menos energia no processo de garantir o mesmo serviço de energia. O uso racional pode ser alcançado em qualquer estágio do processo de energia entre a transformação da energia primária e o consumo final de energia” (SOUZA et al., 2019, p. 2).

A busca por maior eficiência energética em edificações é um dos exemplos de caminho a ser seguido, utilizando a eficiência energética como uma das estratégias de expansão da oferta de energia considerando iniciativas que promovam o uso mais eficiente das fontes, como defendido por Tolmasquim et al. (2007).

Em tempos de médias de temperatura altas, o consumo de energia elétrica devido a utilização de aparelhos de ar condicionado, seja em ambientes comerciais, residenciais e públicos, demonstra ser uma tendência. A Nota Técnica EPE 030/2018 revela tal tendência de crescimento, ao afirmar que “a demanda de eletricidade devido ao uso de condicionadores de ar no setor residencial pode crescer 5,4% ao ano e atingir 48,5 TWh em 2035” (EPE, 2018, p. 36).

Além do potencial hidráulico, devido às características da topografia brasileira, o país tem um grande potencial para geração de energia solar, por conta do seu tamanho continental e posição intertropical. Nos últimos anos essa vantagem tem se destacado, pois de acordo com o relatório síntese do Balanço Energético Nacional de 2023 “A energia solar fotovoltaica representou 94,3% da Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) em 2022, sendo novamente a principal fonte responsável pelo aumento registrado na micro e minigeração distribuída” (EPE, 2023, p. 46).

Segundo Espírito Santo (apud CARDOSO, 2023, p. 11), o uso eficiente de recursos naturais e a descentralização da geração de energia elétrica por meio da poligeração pode contribuir com a economia da energia primária gerada e com a sustentabilidade do planeta. “A poligeração é definida como a produção de dois ou mais serviços de energia a partir de um recurso energético comum” (PINA, 2020, p.1), ou seja, na poligeração o sistema utilizando energia solar pode gerar energia na forma de eletricidade, calor e frio, reduzindo por consequência o consumo de energia elétrica para geração de frio e calor e ainda gerando energia elétrica para outros fins. A poligeração também pode ser chamada de geração combinada de frio, calor e eletricidade que em inglês equivale a sigla CCHP.

Torna-se claro que uma das opções viáveis a ser adotada em edificações, que utilizam energia elétrica tanto para iluminação, eletroeletrônicos e climatização, são os sistemas de poligeração que tenha como fonte energética a energia solar, tanto para geração de energia elétrica, quanto de energia térmica (calor e frio). Diante da relevância do assunto exposto, há uma necessidade de mapeamento da produção científica sobre sistemas de poligeração que utilizam energia solar, com uma análise tanto quantitativa, quanto qualitativa. Portanto, este artigo tem como objetivo realizar uma prospecção bibliométrica de artigos publicados sobre sistemas de poligeração com a utilização de energia solar para geração combinada de calor, eletricidade e resfriamento.

3 METODOLOGIA

Uma das maneiras de realizar uma pesquisa científica acerca da quantidade de produções acadêmicas, é por meio de estudos bibliométricos. “Os estudos bibliométricos podem colaborar na tarefa de sistematizar as pesquisas realizadas num determinado campo de saber e endereçar problemas a serem investigados em pesquisa futuras” (CHUEKE; AMATUCCI, 2015, p.1).

As produções científicas, na forma de artigo, encontram-se pulverizadas tanto em repositórios distintos, quanto na interdisciplinaridade dos temas das produções. De acordo com Medeiros e Vitoriano (2015, p. 10) “estudos bibliométricos têm sido realizados em diversas áreas do conhecimento, o que revela um forte indício de interdisciplinaridade e de aplicação prática de seus métodos em pesquisas no Brasil”.

As buscas por artigos científicos foram realizadas em outubro de 2023 utilizando a Coleção Principal da *Web of Science*. “A plataforma *Web of Science*, ferramenta utilizada para pesquisa de periódicos, artigos e outros documentos do meio acadêmico, até meados do ano de 2004 era única base que permitia a obtenção extensa sobre dados de citações” (GOUVÊA, 2022, p.4).

Os artigos foram prospectados utilizando palavras chaves em inglês como: “*Polygeneration*” e sua variação “*Poly generation*”, “*CCHP*”, “*solar energy*” e “*energy consumption*”. Na busca foram utilizados truncagem e operadores booleanos para um maior refinamento, além de uma delimitação temporal de artigos de até quinze anos, de 2008 até 2023 (outubro). Além disso, em algumas etapas da prospecção foi utilizada uma combinação com operadores booleanos entre as palavras chaves com intuito de melhor refinamento dos trabalhos, realizou-se uma leitura dinâmica dos resumos para verificar qualitativamente a relevância de cada artigo com o escopo da pesquisa, buscando trazer números de artigos que sejam realmente relacionados ao tema pesquisado.

A primeira prospecção realizada na Coleção Principal da *Web of Science* buscou abranger trabalhos sobre poligeração em todos os campos (título, resumo e corpo do texto) utilizando duas palavras chaves com truncamento, pois existe uma dupla grafia da palavra na língua inglesa sendo elas: “*polygeneration*” e “*poly generetion*”. No campo de busca foram usados truncamento e o operador booleano como segue: “*polygeneration*” or “*poly generation*”. As demais buscas foram realizadas utilizando além das palavras chaves “*polygeneration*” or “*poly generation*”, outras palavras chaves associadas com operadores booleanos. No Quadro 1 observa-se a metodologia utilizada nas prospecções.

Quadro 1- Metodologia utilizada nas prospecções

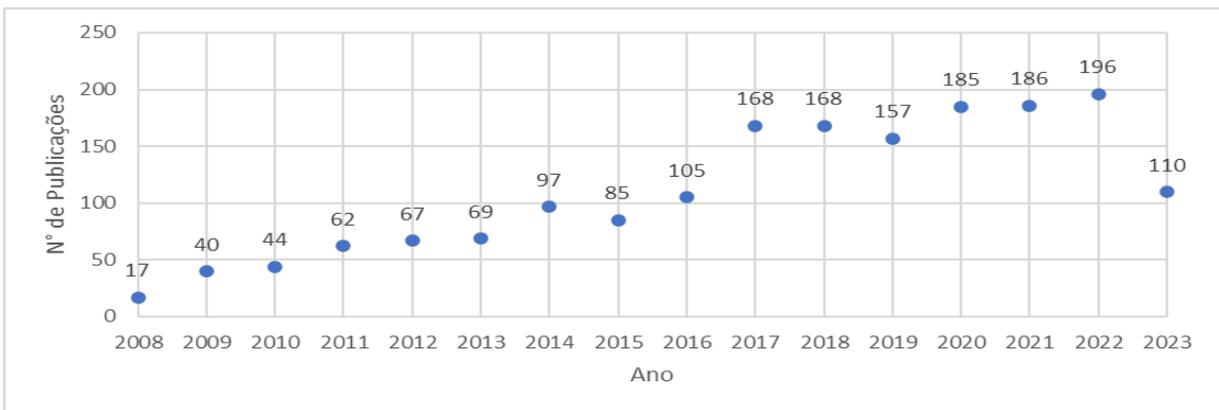
Palavras-Chaves	Campo de Busca	Operador Boleano	Truncagem e Caracteres Especiais
<i>Polygeneration</i> , <i>Poly generation</i>	Todos os campos	Or	“”
<i>Polygeneration</i> , <i>Poly generation</i> , <i>CCHP</i>	Todos os campos	Or e And	() e “”
<i>Polygeneration</i> , <i>Poly generation</i> , <i>CCHP</i> , <i>Solar</i> <i>Energy</i>	Todos os campos	Or e And	() e “”

Fonte: Autoria Própria (2023)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Encontrou-se no período de 2008 a 2023, 1.756 publicações distribuídas de maneira crescente ao longo dos anos, mas que demonstra um certo platô de estabilização, entre os anos de 2017 e 2022, com um total de 110 publicações até outubro de 2023 como demonstra a Figura 1.

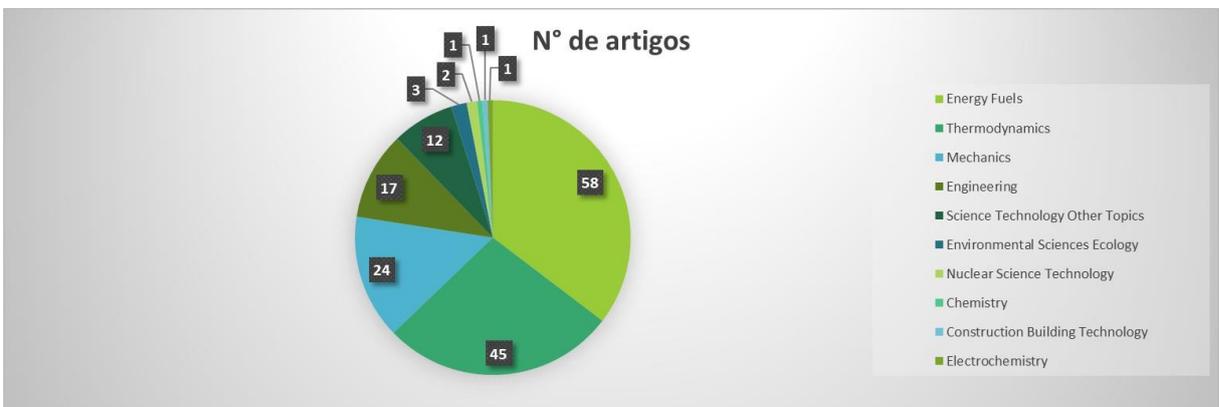
Figura 1- Número de artigos encontrados na base de dados da Coleção Principal da *Web of Science* utilizando a dupla grafia com operador booleano (“*polygeneration*” or “*poly generation*”)



Fonte: Autoria Própria (2023)

Após a pesquisa sobre poligeração demonstrar um número significativo de artigos, para possibilitar qualificar a prospecção e verificar a relevância das publicações com o objetivo desse trabalho, utilizou-se mais uma palavra-chave “*CCHP*”, associando-a com operador booleano às utilizadas inicialmente, durante o mesmo intervalo de tempo. Logo o campo de pesquisa foi preenchido com: (“*polygeneration*” or “*poly generation*”) and “*CCHP*”. Os resultados dessa busca levaram a 70 artigos que se apresentam distribuídos com maior incidência em cinco áreas de pesquisa, demonstrando que o objeto da prospecção está intrinsecamente ligado a engenharia mecânica e à termodinâmica, como exposto na Figura 2.

Figura 2- Número de artigos encontrados na base de dados da Coleção Principal da *Web of Science* de acordo com as áreas de pesquisa

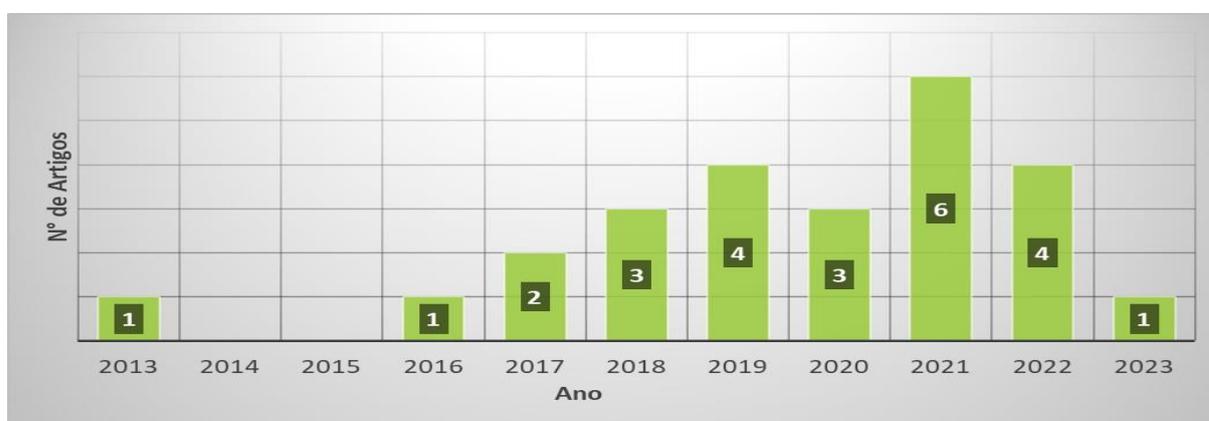


Fonte: Autoria Própria (2023)

A menor interdisciplinaridade do tema dessa prospecção pode ser um dos fatores que levam a uma menor quantidade de artigos presentes na base de dados da Coleção Principal da *Web of Science*.

Para um refinamento final, buscou-se a adição de mais uma palavra-chave ao campo de pesquisa, juntamente com as já utilizadas até então. No intuito de atingir o objetivo final da prospecção de artigos que falam sobre sistemas de poligeração com a utilização de energia solar para geração combinada de calor, eletricidade e resfriamento, a palavra-chave adicionada, utilizando o operador booleano “and”, foi “solar energy”, obtendo-se então para o campo de pesquisa: (“polygeneration” or “poly generation”) and “CCHP” and solar energy. Foram encontrados 25 artigos e apesar do período temporal de pesquisa escolhido ser de quinze anos, o artigo mais antigo encontrado tem publicação datada no ano de 2013, sendo 84% dos artigos publicados de cinco anos atrás, até o mês e ano presente, no intervalo entre 2018 e 2023, como exposto na Figura 3.

Figura 3- Número de artigos encontrados na base de dados da Coleção Principal da *Web of Science* utilizando no campo de pesquisa “(“polygeneration” or “poly generation”) and “CCHP” and solar energy”.



Fonte: Autoria Própria (2023)

Um dado importante, diante dos artigos prospectados, demonstra que 23 deles possuem incidência no tópico de pesquisa “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”, tópico criado pelo *Institute for Scientific Information (ISI) at Clarivate Analytics*, que “Ao examinar artigos pertinentes da *Web of Science* e as ligações de citação entre eles, os analistas do *ISI* produziram uma visão detalhada da extensa pesquisa sobre os elementos componentes do desenvolvimento sustentável” (CLARIVATE, 2023, online). Isso demonstra a grande importância de tais artigos para a comunidade científica mundial, que está na busca por caminhos que levem a um presente mais sustentável, com menos agressão ao meio ambiente, conservando ao máximo para as gerações futuras.

Dentre esses artigos prospectados, os três mais citados foram analisados mostrando um fato curioso de não haver referência entre eles, apesar da diferença temporal entre as publicações. O que possui maior número de citações e que é o mais antigo dentre os três mais citados é o “*Optimal design and economic analysis of a hybrid solid oxide fuel cell and parabolic solar dish collector, combined cooling, heating and power (CCHP) system used for a large commercial tower*” de 2017 com 134 citações na base de dados da Coleção Principal da *Web of Science* e fator de impacto - *Journal Impact Factor*™ (2022)- 8.9.

Nesse artigo Moradi e Mehrpooya (2017) modelaram em *software* um sistema de poligeração para gerar eletricidade, aquecimento e frio para ambientes e água quente sanitária, para uma torre comercial em Teerão, Irã, demonstrando a eficiência desse sistema em cada forma de energia gerada (elétrica e térmica) para cada fim, e ainda demonstrando o aspecto financeiro do sistema caso ocorresse implantação prática dele, com dados do investimento no sistema e tempo de retorno. A metodologia utilizada no artigo por Moradi e Mehrpooya (2017) demonstra um trabalho tanto minucioso e específico para edificações, quanto claro no seu desenvolvimento, o pode influenciar no número de citações.

O segundo mais citado é o “*Techno-economic analysis of a trigeneration system based on biomass gasification*” de 2019 com 59 citações na base de dados da Coleção Principal da *Web of Science* e fator de impacto - *Journal Impact Factor*TM (2022)- 15.9. Segurado et al. (2019) desenvolve um estudo de caso sobre o uso de gaseificação de biomassa em sistemas de trigeração e poligeração, avaliando posteriormente por meio de modelagem o potencial de aplicação de tal combustível em um sistema de trigeração a gás natural existente em Lisboa, Portugal, com análise financeira da aplicação prática do estudo. Segurado et al. (2019), no processo de revisão da bibliografia, analisa sistemas de poligeração que utilizam dentre as formas de energia de entrada a energia solar, demonstrando que há formas de entrada de energia que podem ser interligadas em um mesmo sistema e que a maioria dos estudos são baseados em dados de modelagens e não em instalações concretas (dados práticos), isso evidência a necessidade de aplicação prática dos estudos de poligeração.

O terceiro artigo mais citado do ano de 2018 com 58 citações na base de dados da Coleção Principal da *Web of Science* e fator de impacto - *Journal Impact Factor*TM (2022)- 10.4, é o “*Thermodynamic and economic assessment of a novel CCHP integrated system taking biomass, natural gas and geothermal energy as co-feeds*” que apresenta uma avaliação econômica a partir da modelagem de um sistema combinado de resfriamento, aquecimento e energia baseado em biomassa, energia geotérmica e energia fóssil. Nesse artigo Zahng X. et al (2018) analisam artigos que pesquisam sobre um sistema híbrido que usa energia solar como uma das suas energias de entrada, mas acaba não utilizando em sua modelagem tal forma de energia.

Ao analisar como estão distribuídos os 25 artigos de acordo com os países, constatou-se que foram encontradas apenas uma publicação oriunda de dez países (Austrália, Brasil, Inglaterra, Etiópia, Alemanha, Índia, Japão, Portugal, Arábia Saudita e Sérvia). Os países com duas publicações ou mais encontram-se na Tabela 1, com destaque para o Irã e a China com 5 publicações cada.

Tabela 1- Número de artigos por país encontrados na base de dados da Coleção Principal da *Web of Science* utilizando no campo de pesquisa “(“*polygeneration*” or “*poly generation*”) and “*CCHP*” and *solar energy*”.

Países	Nº de artigos
Irã	5
China	5
Espanha	4
Itália	3
Suíça	3
Egito	2
Turquia	2
Estados unidos	2

Fonte: Autoria Própria (2023)

Os artigos prospectados demonstram que sistemas de poligeração são versáteis quanto as formas de energia de entrada, podendo ser de fontes de energia renováveis (solar, eólica, biomassa, biogás) ou não renováveis (gás natural), atendendo as demandas de edificações de maneira satisfatória e com maior eficiência energética. Enquanto Moradi e Mehrpooya (2017) demonstra a viabilidade econômica do uso sistemas de poligeração em centros urbanos, Segurado et al. (2019) expõe que sistemas de poligeração que utilizam gás natural tem uma variação de custos de implantação mais sensível, com oscilação no tempo de retorno, devido a variação dos preços do gás natural. Sistemas de poligeração que utilizam gás natural como energia de entrada necessitam ter fácil acesso ao mesmo (por gasoduto, por exemplo), o que pode ser uma limitação nos locais onde esses sistemas ser instalado.

Sistemas de poligeração que utilizam como energia de entrada fontes renováveis, como a energia solar e eólica, possuem a limitação de intermitência na captação de energia e precisam de uma boa combinação de fatores do local onde forem instalados. Portanto alguns fatores como irradiação solar média e regime dos ventos devem ser levados em conta no local onde pretende-se instalar tal sistema. Apesar das particularidades limitantes da energia de entrada de cada sistema, os sistemas de poligeração demonstram ser uma saída para um consumo de energia mais sustentável e mais amigável ao meio ambiente.

4 CONCLUSÃO

Após realizar a pesquisa bibliométrica na base de dados da Coleção Principal da *Web of Science*, seguindo a metodologia determinada, conclui-se que após refinamento utilizando todas as palavras-chaves, com truncamento e operadores booleanos, poucos artigos foram encontrados nesse repositório. Os 25 artigos científicos encontrados demonstram um indício de baixa incidência no uso de energia solar em modelagens de sistemas de poligeração. Para alcançar alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) é de suma importância o desenvolvimento de estudos científicos para uma transição energética mundial com menos impacto ao meio ambiente. Há de se ponderar que o presente estudo bibliométrico foi realizado em apenas uma base de dados de trabalhos científicos, porém não é uma base de dados pequena e possui grande importância e respeito no cenário científico.

Diante dos critérios de pesquisa utilizados, um único artigo brasileiro foi encontrado na base de dados utilizada, o que demonstra um espaço importante a ser ocupado pela comunidade científica do país. O forte potencial que o Brasil tem, no que diz respeito à energia solar, devido à grande irradiação solar que incide em grande parte do território brasileiro, é um motivo plausível para o desenvolvimento de produções científicas relacionadas a sistemas de poligeração como utilização de energia solar. Na busca por uma ampliação na quantidade de artigos relacionados ao tema prospectado, aspira-se realização de outras prospecções, seguindo a mesma metodologia, em outras bases de dados de artigos, com posterior comparação dos artigos encontrados para evitar duplicidade.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, P. F. de C. P. Estudo de viabilidade técnica e econômica de um sistema de poligeração energética aplicado em unidades hospitalares. 2023. 76 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) - Centro Universitário Senai Cimatec, Salvador, Bahia.

CHUEKE, G. V.; AMATUCCI, M. O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum. Internext, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 1–5, 2015. DOI: 10.18568/1980-4865.1021-5. Disponível em: <<https://internext.espm.br/internext/article/view/330>>. Acesso em: 11 out. 2023.

CLARIVATE. Disponível em: <<https://clarivate.com/blog/sustainable-development-goals-mapping-the-research-landscape/>>. Acesso em: 11 out. 2023.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Matriz Energética e Elétrica. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 11 out. 2023.

EPE- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2023: Ano base 2022 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2023.

EPE- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Nota Técnica EPE 030/2018 Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-341/NT%20EPE%20030_2018_18Dez2018.pdf>. Acesso em: 11 out. 2023.

EPE- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Relatório síntese-Balço Energético Nacional 2023: Ano base 2022 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN_S%C3%ADntese_2023_PT.pdf>. Acesso em: 11 out. 2023.

GOUVÊA, A. L.; ÁVILA, C. H. de; LADISLAU, D. O.; LIMA, G. M. de; RIBEIRO, G. H. M.; VAZ, J. A.; TOMAZ, L. B. P.; SOARES, M. D.; NETTO, N. de M.; COSTA, P. R.; SILVA, R. I. da; VIEIRA, W. de S. G.; GAYDECZKA, B.; OKURA, M. H.; MALPASS, A. C. G.; MALPASS, G. R. *P. H-index of Brazilian researchers: a comparative look at WoS, Scopus, and Google Scholar databases. Research, Society and Development*, [S.l.], v. 11, n. 5, p. e13711527832, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i5.27832. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27832>> Acesso em: 11 out. 2023.

IPCC. *Climate Change 2023: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. v.3, p.1-42, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf>. Acesso em: 28 out. 2023.

MEDEIROS, J. M. G.; VITORIANO, M. A. V. (2015). A evolução da bibliometria e sua interdisciplinaridade na produção científica brasileira. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v.13, n.3. Disponível em: <<https://doi.org/10.20396/rdbci.v13i3.8635791>>. Acesso em: 11 out. 2023.

MORADI, M.; MEHRPOOYA, M. *Optimal design and economic analysis of a hybrid solid oxide fuel cell and parabolic solar dish collector, combined cooling, heating and power (CCHP) system used for a large commercial tower, Energy*, v.130, p.530-543, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.001>>. Acesso em: 11 out. 2023.

PINA, E. A.; LOZANO, M. A.; RAMOS, J. C.; SERRA, L. M. *Tackling thermal integration in the synthesis of polygeneration systems for buildings, Applied Energy*, v.269, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115115>>. Acesso em: 11 out. 2023.

R. SEGURADO, R.; PEREIRA, S.; CORREIA, D.; COSTA, M. *Techno-economic analysis of a trigeneration system based on biomass gasification, Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.103, p.501-514, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.008>>. Acesso em: 11 out. 2023.

SOUZA, D. F.; Silva P. P. F.; FONTENELE L. F. A.; BARBOSA, G. D.; JESUS M. O. *Efficiency, quality, and environmental impacts: A comparative study of residential artificial lighting. Energy Reports*, v.5. n.1, p.409-424, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.03.009>>. Acesso em: 11 out. 2023.

TOLMASQUIN, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. *Matriz Energética Brasileira: Uma prospectiva, Novos Estudos CEBRAP*, v.3, n.79, p. 47-69, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-33002007000300003>>. Acesso em: 11 out. 2023.

ZHANG, X.; LIU, X.; SUN, X.; JIANG, C.; LI, H.; SONG, Q.; ZENG, J.; ZHANG, G. *Thermodynamic and economic assessment of a novel CCHP integrated system taking biomass, natural*



gas and geothermal energy as co-feeds, *Energy Conversion and Management*, v.172, p.105-118, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.07.002>>. Acesso em: 11 out. 2023.